

---

# **DIPLOMARBEIT**

---

Herr  
**Rudolf Schwaiger**

**Investitionsentscheidung zur  
Erneuerung der Rechen-  
reinigungsmaschine im  
Kraftwerk Urstein**

Mittweida, 2014



# **DIPLOMARBEIT**

---

## **Investitionsentscheidung zur Erneuerung der Rechen- reinigungsmaschine im Kraftwerk Urstein**

Autor:

**Herr**

**Rudolf Schwaiger**

Studiengang:

**Wirtschaftsingenieurwesen**

Seminargruppe:

**KW09w2SA**

Erstprüfer:

**Prof. Dr. rer. pol. Ulla Meister**

Zweitprüfer:

**Prof. Dr. Holger Meister**

Einreichung:

**Mittweida, 28.Juli.2014**

Verteidigung/Bewertung:

**Salzburg, 2014**



## **Bibliografische Beschreibung:**

Schwaiger Rudolf

Investitionsentscheidung zur Erneuerung der Rechenreinigungsmaschine im Kraftwerk Urstein - 2014 – 7 S. Verzeichnisse, 66 S. Inhalt, 23 S. Anhänge.

Mittweida, Hochschule Mittweida, Fakultät Wirtschaftswissenschaften Diplomarbeit, 2014

## **Referat:**

Die vorliegende Arbeit behandelt die Umsetzungsentscheidung und die wirtschaftliche Betrachtung zur Erneuerung der Rechenreinigungsmaschine im Kraftwerk Urstein mit Hilfe der Investitionsentscheidungsrechnung. Zu Beginn werden die Begriffe Investition und Entscheidung beschrieben. In einem praktischen Teil werden die theoretischen Grundlagen in der Investitionsentscheidung und in der Nutzwertanalyse zur Entscheidungsfindung angewendet.

Die Arbeit endet mit einem zusammenfassenden Ergebnis, der Betrachtung der nötigen Maßnahmen zur Reduzierung der Betriebskosten und den daraus resultierenden Konsequenzen.



# Inhalt

<b>Inhalt</b>	<b>I</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>III</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>IV</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>VI</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Problemstellung	1
1.2 Zielsetzung	3
1.3 Methodisches Vorgehen	4
<b>2 Investitionswirtschaft</b>	<b>5</b>
2.1 Investition als unternehmerischer Teilbereich	5
2.1.1 Der Begriff Investition	5
2.1.2 Ziele der Investition	6
2.1.3 Die Arten der Investition	10
2.1.4 Die Investitionsrechenverfahren	13
2.1.5 Statische Investitionsrechenverfahren	14
2.1.6 Dynamische Investitionsrechenverfahren	18
2.2 Investition als Entscheidungsprozess	22
2.2.1 Der Begriff Entscheidung	22
2.2.2 Die Phasen des Entscheidungsprozesses	27
<b>3 Investitionsentscheidung</b>	<b>29</b>
3.1 Problemstellung	29
3.2 Lösungsmöglichkeiten	34
3.2.1 Übersicht der Alternativen	36
3.2.2 Datenbeschaffung	41

3.2.3	Zusammenstellung der betriebswirtschaftlichen Daten .....	50
3.3	<i>Wirtschaftliche Betrachtung mit Hilfe der Investitions-rechenverfahren</i>	51
3.3.1	Statische Investitionsrechenverfahren .....	51
3.3.2	Dynamische Investitionsrechenverfahren .....	52
3.3.3	Zusammenstellung der Ergebnisse.....	53
3.4	<i>Entscheidung</i> .....	54
3.4.1	Analyse der Ergebnisse .....	54
3.4.2	Auswahl der geeigneten Alternative.....	55
<b>4</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>61</b>
4.1	<i>Ergebnis</i> .....	61
4.2	<i>Maßnahmen</i> .....	62
4.3	<i>Konsequenzen</i> .....	62
	<b>Literatur</b> .....	<b>63</b>
	<b>Anlagen</b> .....	<b>66</b>
	<b>Anlagen, Teil 1: Technische Daten</b> .....	<b>A-1</b>
	<b>Anlagen, Teil 2: Berechnungen</b> .....	<b>A-9</b>
	<b>Anlagen, Teil 3: Investitionsentscheidungsrechnung</b> .....	<b>A-13</b>
	<b>Anlagen, Teil 4: Berechnung Nutzwertanalyse</b> .....	<b>A-22</b>
	<b>Selbstständigkeitserklärung</b> .....	<b>A-25</b>



# Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ziele der Investition .....	7
Abbildung 2: Leistungsreduktion bei Fallhöhenverlust .....	31
Abbildung 3: Stundenaufstellung Rechenräumen .....	33
Abbildung 4: Schnitt Krafthaus KW Urstein .....	A-2
Abbildung 5: Foto Kraftwerk Gamp .....	A-3
Abbildung 6: Foto Kraftwerk Sohlstufe Hallein .....	A-4
Abbildung 7: Vorderansicht Rechenreinigungsmaschine KW Urstein .....	A-6
Abbildung 8: Seitenansicht Rechenreinigungsmaschine KW Urstein .....	A-6
Abbildung 9: Rechenreinigungsmaschine KW Sohlstufe Hallein .....	A-8

# Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zusammenfassung- Rechenmethode statische Rechenverfahren.....	17
Tabelle 2: Zusammenfassung- Rechenmethode dynamische Rechenverfahren	21
Tabelle 3: Informationsstand und Entscheidungssituation .....	23
Tabelle 4: Phasen des Entscheidungsprozesses .....	27
Tabelle 5: Vergleich Menge Rechengut.....	35
Tabelle 6: Vergleich Stundenaufwand Rechenräumen.....	35
Tabelle 7: Kostenvergleich neue Rechenreinigungsmaschine.....	42
Tabelle 8: Instandhaltungskosten .....	42
Tabelle 9: jährliche Instandhaltungskosten .....	43
Tabelle 10: Vergleich Kosten Rechenräumen.....	44
Tabelle 11: Personalkosten pro Tonne Schwemmgut .....	44
Tabelle 12: jährliche Personalkosten .....	45
Tabelle 13: Jährlicher Gewinn bei Instandhaltung .....	46
Tabelle 14: Jährlicher Gewinn Betrieb .....	46
Tabelle 15: Summe jährlicher Gewinn .....	47
Tabelle 16: Zusammenfassung jährliche Zinsen.....	48
Tabelle 17: Zusammenfassung jährliche Abschreibung .....	49
Tabelle 18: Zusammenstellung der betriebswirtschaftlichen Daten .....	50
Tabelle 19: Ergebnisse statische Investitionsrechenverfahren .....	51

Tabelle 20: Ergebnisse dynamische Investitionsrechenverfahren.....	52
Tabelle 21: Zusammenfassung der Ergebnisse .....	53
Tabelle 22: Analyse der Investitionsrechnung.....	54
Tabelle 23: Ergebnismatrix .....	56
Tabelle 24: Entscheidungsmatrix .....	56
Tabelle 25: Zielgewichtung .....	57
Tabelle 26: Wald-Regel.....	57
Tabelle 27: Maximax-Regel .....	58
Tabelle 28: Hurwicz-Regel .....	59
Tabelle 29: Savage-Niehans-Regel .....	59
Tabelle 30: $\mu$ -Regel.....	60
Tabelle 31: Änderung der Leistung .....	A-10
Tabelle 32: Detaillierte Darstellung Stundenaufwand.....	A-11

# Abkürzungsverzeichnis

<b>Afa</b>	Abschreibung pro Jahr
<b><math>a_0</math></b>	Anschaffungswert
<b><math>a_k</math></b>	Ausgaben der Periode k
<b>AZ</b>	Amortisationszeit
<b>B</b>	Betriebskosten
<b>bzw.</b>	beziehungsweise
<b><math>C_0</math></b>	Kapitalwert
<b>cm</b>	Zentimeter
<b>D</b>	Durchschnittlicher Kapitaleinsatz
<b>d</b>	Annuität
<b>d.h.</b>	das heißt
<b><math>e_k</math></b>	Einnahmen der Periode k
<b>etc.</b>	„et cetera“ (und so weiter)
<b>f.</b>	folgende Seite
<b>ff.</b>	folgende Seiten
<b>G</b>	Gewinn
<b>GWh</b>	Gigawattstunden
<b>Hrsg.</b>	Herausgeber
<b>i</b>	Zinssatz/ Mindestverzinsung
<b><math>i_{int}</math></b>	interne Verzinsung
<b><math>i_{kalk}</math></b>	kalkulatorische Zinsen pro Jahr
<b>K</b>	Kosten
<b><math>K_0</math></b>	Barwert
<b>Kf</b>	fixe Kosten

<b>kf</b>	fixe Kosten pro Stück
<b>Kv</b>	variable Kosten
<b>kv</b>	variable Kosten pro Stück
<b>KW</b>	Kraftwerk
<b>kW</b>	Kilowatt
<b>L</b>	Liquidationserlös
<b>MWh</b>	Megawattstunde
<b>m</b>	Meter
<b>m³/s</b>	Kubikmeter pro Sekunde
<b>n</b>	Nutzungsdauer in Jahren
<b>p</b>	Preis
<b>q</b>	Zinsfaktor
<b>R</b>	Rendite
<b>S.</b>	Seite
<b>ü</b>	Periodenüberschuss
<b>usw.</b>	und so weiter
<b>vgl.</b>	vergleiche
<b>x</b>	Ausbringungsmenge in Stück
<b>z.B.</b>	zum Beispiel



# 1 Einleitung

## 1.1 Problemstellung

Investitionen sind aufgrund der langfristigen Kapitalbildung für Unternehmen von existenzieller Bedeutung. Fehlentscheidungen bei Investitionen haben oft fatale Auswirkungen, da sie zu Verlusten führen und nur schwer wieder korrigiert werden können.

Die vorliegende Arbeit behandelt die Umsetzungsentscheidung und die wirtschaftliche Betrachtung zur Erneuerung der Rechenreinigungsmaschine im Kraftwerk Urstein mit Hilfe der Investitionsentscheidungsrechnung.

Die Investitionsentscheidungsrechnung bietet Unternehmen die Möglichkeit, die geplante Investition hinsichtlich Gewinn, Liquidität und Amortisationszeit zu betrachten, und die Entscheidung abzuwägen.

Die an der Praxis orientierte Darstellung und Ausarbeitung des Investitionsentscheidungsprozesses erfolgte für die Salzburg AG für Energie, Verkehr und Telekommunikation. Nach einer durchgeführten Ursachenanalyse werden unterschiedliche Lösungsmöglichkeiten erarbeitet und mit Hilfe der Investitionsrechenverfahren anhand ihrer Wirtschaftlichkeit verglichen. Über die Nutzwertanalyse wird die für die Salzburg AG an besten geeignete Alternative ermittelt.

Die Salzburg AG für Energie, Verkehr und Telekommunikation ist der größte Energie und Infrastrukturanbieter in Stadt und Land Salzburg. Das Unternehmen ist 2000 aus der Fusion vom früheren Landesversorger SAFE und den Salzburger Stadtwerken hervorgegangen. Die Salzburg AG versorgt mit über 2.000 Mitarbeitern rund 252.000 Kunden mit Strom, Erdgas, Fernwärme, Wasser, Telefonie und Internet. Das Unternehmen ist zum überwiegenden Teil im Eigentum der öffentli-

chen Hand. Die Eigentümerverhältnisse sind 42,56% Land Salzburg, 31,31% Stadt Salzburg und 26,13% Energie AG Oberösterreich.<sup>1</sup>

Die Salzburg AG betreibt im gesamten Bundesland 28 Wasserkraftwerke, zwei Heizkraftwerke mit moderner Kraft-Wärme-Kopplung und zahlreiche Biomasse- und Ökoanlagen wie z.B. Photovoltaikanlagen in Österreich und Deutschland. Die Stromproduktion mit eigenen Anlagen der betrug 2013 rund 1.744 GWh Somit konnte die Salzburg AG in etwa 45% des gesamten Strombedarfs im Land Salzburg abdecken.<sup>2</sup>

Der Anlagenpark der 28 Wasserkraftwerke beinhaltet 13 Laufkraftwerke, 13 Speicherkraftwerke, sowie zwei Pumpspeicherkraftwerke. Das Kraftwerk Urstein ist ein Laufkraftwerk und nutzt seit 1971 die Salzach zwischen der Stadt Hallein und der Landeshauptstadt Salzburg zur Energiegewinnung. Jährlich werden aus dem Einlaufrechen vor den Turbinen mehrere Tonnen Treibholz und Müll aus der Salzach entfernt und sachgerecht entsorgt. Die Reinigung des Einlaufrechens erfolgt durch die sogenannte Rechenreinigungsmaschine. Die Rechenreinigungsmaschine verursacht aufgrund ihres fortgeschrittenen Alters und der technischen Ausführung hohe Kosten für die Betriebsführung der Anlage.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> Vgl. Salzburg AG Geschäftsbericht 2012.

<sup>2</sup> Vgl. Salzburg AG Geschäftsbericht 2012.

<sup>3</sup> Vgl. Salzburg AG Geschäftsbericht 2012.



## **1.2 Zielsetzung**

Auf Grund der hohen Kosten für die Betriebsführung der Kraftwerksanlage Urstein sollen in dieser Arbeit unterschiedliche Handlungsalternativen (Umbau oder Neuerrichtung der Rechenreinigungsmaschine) betrachtet, und ein mögliches Einsparungspotential untersucht werden.

Anhand der Investitionsrechenverfahren sollen die Grundlagen für die Beurteilung der unterschiedlichen Handlungsalternativen für das Unternehmen geschaffen werden. Mithilfe der statischen und der dynamischen Investitionsrechenverfahren sollen die Alternativen einzeln dargestellt, und anschließend einer kritischen Betrachtung unterzogen werden.

Ziel dieser Arbeit ist es, eine wirtschaftliche Betrachtung der geplanten Investition zu liefern, sowie eine Entscheidungshilfe zur Umsetzung der geplanten Maßnahmen für die Salzburg AG zu schaffen.

## **1.3 Methodisches Vorgehen**

Im folgenden Kapitel 2 erfolgt die Beschreibung der theoretischen Grundlagen von Investitionen und Entscheidungen.

Im Unterkapitel 2.1 wird der Begriff Investition erörtert, die Ziele einer Investition werden beschrieben. Zusätzlich werden die Verfahren der Investitionsentscheidungsrechnung und die einzelnen Methoden aufgezeigt. Hierbei werden im Wesentlichen der Ablauf der einzelnen Entscheidungsrechnungen und der Umgang mit den Verfahren beschrieben.

Das Kapitel 2.2 widmet sich dem Begriff der Entscheidung und beschreibt den Entscheidungsprozess in einzelnen Phasen.

Anschließend erfolgt im Kapitel 3 die Umsetzung der Investitionsentscheidungsrechnung anhand eines Beispiels aus der Praxis. Im Praxisbeispiel „Erneuerung der Rechenreinigungsmaschine im Kraftwerk Urstein“ werden die Ist- Situation im Kraftwerksbereich, sowie geplante Lösungsmöglichkeiten beschrieben.

Im Unterkapitel 3.3. werden die Errichtungskosten und möglichen Gewinne ermittelt, sowie anschließend anhand der in Kapitel 2 angeführten Methoden und Verfahren wirtschaftlich betrachtet. Im Unterkapitel 3.4. wird die Analyse der Rechenergebnisse durchgeführt und eine geeignete Alternative ausgewählt.

Die Arbeit endet mit einem zusammenfassenden Ergebnis, der Betrachtung der nötigen Maßnahmen zur Reduzierung der Betriebskosten und den daraus resultierenden Konsequenzen.

## 2 Investitionswirtschaft

Im Kapitel 2 erfolgt die Beschreibung der Begriffe Investition und Entscheidung, sowie der theoretischen Grundlagen von Investitionsentscheidungsrechnungen. Die einzelnen Methoden und Verfahren der Investitionsentscheidungsrechnung werden aufgezeigt, außerdem wird der Umgang mit den Entscheidungsregeln beschrieben. Im Unterkapitel 2.2. werden die Phasen eines Entscheidungsprozesses näher erläutert.

### 2.1 Investition als unternehmerischer Teilbereich

#### 2.1.1 Der Begriff Investition

Die Literatur<sup>4</sup> beschreibt den Begriff Investition als Kapitalverwendung. Folglich erfolgt bei einer Investition die Bindung des beschafften Kapitals an Güter.

Mit einer Investition sind auch Absichten verbunden. Der Investor möchte aus seiner Investition Nutzen ziehen, d.h. wer investiert, will nicht nur das eingesetzte Kapital zurückerhalten, sondern auch einen Überschuss lukrieren.<sup>5</sup>

Eine Investition kann aus unterschiedlichen Blickwinkeln betrachtet werden. So erfolgt eine Unterteilung in den vermögensbestimmten, den zahlungsbestimmten und den kombinationsbestimmten Investitionsbegriff.<sup>6</sup> Götze beschreibt zusätzlich noch den dispositionsbestimmten Investitionsbegriff.<sup>7</sup>

---

<sup>4</sup> Vgl. Olfert (2001), S. 24.

<sup>5</sup> Vgl. Berde (2004), S. 70.

<sup>6</sup> Vgl. Olfert (2001), S. 24f und Götze (2008), S. 5f.

<sup>7</sup> Vgl. Götze (2008), S. 5f.

Im vermögensbestimmten Investitionsbegriff spricht man von einer Investition wenn eine langfristige Bindung von Kapital erfolgt. Es erfolgt eine Umwandlung des Kapitals in Vermögen.<sup>8</sup>

Unter dem zahlungsbestimmten Investitionsbegriff versteht Olfert<sup>9</sup> die Auszahlung von Vermögensteilen. Die Investition stellt hier einen Zahlungsstrom von Ein- und Auszahlungen dar.<sup>10</sup>

Nach dem kombinationsbestimmten Investitionsbegriff handelt es sich bei einer Investition um die Kombination von beschafften und vorhandenen Anlagegütern, d.h. beschaffte Güter werden zur Erstellung eines neuen Leistungspotentials genutzt.<sup>11</sup>

Bei einem Unternehmen wird die Dispositionsfreiheit durch die Bindung finanzieller Mittel bei einer Investition eingeschränkt. Diese Überlegung bildet die Grundlage des dispositionsbestimmenden Investitionsbegriffes.<sup>12</sup>

### **2.1.2 Ziele der Investition**

Da Investitionen oftmals einer langfristigen Kapitalbindung unterliegen, kann die Existenz eines Unternehmens gefährdet werden wenn mit den Investitionen nicht sorgsam umgegangen wird. Unternehmen die investieren orientieren sich an Zielen um ihr langfristiges Bestehen zu sichern. Jedes Unternehmen steht unter dem Einfluss von Kapitalgebern (Eigen- oder Fremdkapital), den Mitarbeitern oder der Unternehmensleitung die die individuellen Ziele stellen. So sind Kapitalgeber meist

---

<sup>8</sup> Vgl. Olfert (2001), S. 24.

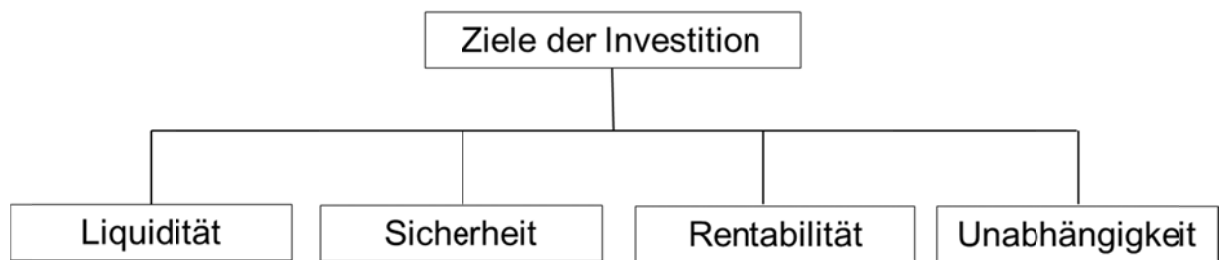
<sup>9</sup> Vgl. Olfert (2001), S. 25.

<sup>10</sup> Vgl. Götze (2008), S. 5f.

<sup>11</sup> Vgl. <http://www.wirtschaftslexikon24.com/d/investition/investition.htm> vom 7.10.2013, 17:10Uhr.

<sup>12</sup> Vgl. Götze (2008), S. 5f.

auf eine Maximierung der Rentabilität aus. Die Ziele der Investition können folgendermaßen zusammengefasst werden:<sup>13</sup>



**Abbildung 1: Ziele der Investition<sup>14</sup>**

### **Liquidität**

Der Begriff Liquidität kann gegenwärtig oder langfristig betrachtet werden und spielt für die Existenz eines Unternehmens eine entscheidende Rolle. Bei einer gegenwärtigen Betrachtung spricht man in der Literatur<sup>15</sup> von der aktuellen Liquidität. Sie gewährleistet, dass ein Unternehmen zahlungsfähig ist und den Zahlungsverpflichtungen nachkommen kann. Betrachtet man die Liquidität aber in einem langfristigen Zeitraum, so wird dies als strukturelle Liquidität bezeichnet. Die strukturelle Liquidität ist vorwiegend im Finanzierungsbereich bei der Klärung wie eine Investition zu finanzieren ist von Bedeutung.<sup>16</sup>

Da sich die aktuelle Liquidität mit der Frage beschäftigt, ob ein Unternehmen zahlungsfähig bzw. -unfähig ist, wird sie zusätzlich noch in absolute Liquidität und relative Liquidität unterteilt.<sup>17</sup> Die absolute Liquidität betrachtet die Aktiv-Seite einer Bilanz und beschreibt die Eigenschaft von Vermögensteilen sich in Zahlungsmittel umzuwandeln. Ein Vermögensgegenstand mit hoher Liquidität kann also schneller in ein Zahlungsmittel umgewandelt werden als ein Vermögensgegenstand mit ge-

---

<sup>13</sup> Vgl. Olfert (2001), S. 46f.

<sup>14</sup> Vgl. Olfert (2001), S. 46.

<sup>15</sup> Vgl. Olfert (2001), S. 47.

<sup>16</sup> Vgl. Olfert (2001), S. 47f.

<sup>17</sup> Vgl. Olfert (2001), S. 48ff.

ringer Liquidität. Im Gegensatz zur absoluten Liquidität betrachtet die relative Liquidität die Passiv-Seite der Bilanz und prüft die Möglichkeit des Unternehmers der Zahlungsverpflichtung nachzukommen.<sup>18</sup>

## **Sicherheit**

Eine Investition ermöglicht es dem Unternehmen Gewinne zu erzielen. Jede Investition birgt jedoch das Risiko, dass die Gewinne nicht in der erwarteten Höhe erzielt werden oder im Extremfall die Gewinne ausbleiben und ein Verlust erwirtschaftet wird.<sup>19</sup>

Speziell bei Investitionen die höhere finanzielle Mittel über einen längeren Zeitraum binden, müssen Unternehmen zu hohe bzw. nicht überschaubare Risiken meiden und dürfen den Unternehmensbestand nicht gefährden. Andererseits sind Investitionen zur Erwirtschaftung eines angemessenen Gewinns erforderlich, damit sich ein Unternehmen langfristig positiv entwickeln kann.<sup>20</sup>

## **Rentabilität**

Der Begriff Rentabilität beschreibt das Verhältnis eines Erfolges (z.B. Gewinn) zum notwendigen Aufwand (z.B. Kapital) und gibt als Prozentsatz an, wie hoch sich der Einsatz in der betrachteten Periode verzinst hat. Die Praxis weist eine Vielzahl von Berechnungsmöglichkeiten auf, wie z. B. die Gesamtkapitalrentabilität, die Eigenkapitalrentabilität und die Umsatzrentabilität.<sup>21</sup>

Die Gesamtkapitalrentabilität setzt den Periodenerfolg (Gewinn und Fremdkapital) mit dem Gesamtkapital des Unternehmens in Beziehung und gibt somit an, wie

---

<sup>18</sup> Vgl. Olfert (2001), S. 48ff.

<sup>19</sup> Vgl. Olfert (2001), S. 52.

<sup>20</sup> Vgl. Olfert (2001), S. 52.

<sup>21</sup> Vgl. Olfert (2001), S. 52.

erfolgreich der Kapitaleinsatz für eine Investition war. Der Eigenkapitalgeber kann mit Hilfe der Eigenkapitalrentabilität eine Aussage treffen, wie sich das eingesetzte Kapital innerhalb einer Periode verzinst hat bzw. verzinsen wird. Die Umsatzrentabilität zeigt das relative Ergebnis aus dem Umsatz an.<sup>22</sup>

### **Unabhängigkeit**

Olfert<sup>23</sup> beschreibt Unabhängigkeit als die Entscheidungen eines Unternehmers ohne die Einflussnahme eines Dritten. Innerhalb und außerhalb einer Unternehmung können Investitionen vom Einfluss verschiedener Faktoren abhängig sein, z.B. dem Potential eines Unternehmens Investitionen zu finanzieren oder von den Konkurrenten oder den Lieferanten. Diese Abhängigkeiten von Dritten zeigen sich durch die Informationspflicht an Geldgeber, wie Banken oder Geschäftsführer, bei Eigenkapitaleinsatz und die Beeinflussung von betrieblichen Entscheidungen durch notwendige Genehmigungen oder Weisungen.<sup>24</sup>

---

<sup>22</sup> Vgl. Preißler (2008), S. 33ff.

<sup>23</sup> Vgl. Olfert (2001), S. 53.

<sup>24</sup> Vgl. Olfert (2001), S. 53.

### 2.1.3 Die Arten der Investition

Investition könne in objektbezogene, wirkungsbezogene und in sonstige Investitionen unterteilt werden.

#### Objektbezogene Investition

Als objektbezogene Investition versteht die Fachliteratur:<sup>25</sup>

- Sachinvestitionen
- Finanzinvestitionen
- Immaterielle Investitionen

Sachinvestitionen sind jene Investitionen die im Unternehmen am Leistungsprozess beteiligt sind bzw. mitwirken (z.B. Maschinen). So kann die Höhe der Kosten bzw. Ausgaben der Sachinvestition einfach bestimmt werden, die Einnahmen bzw. Erlöse lassen sich dagegen nur schwer erfassen.<sup>26</sup>

Finanzinvestitionen oder Normalinvestitionen umfassen Forderungsrechte wie z.B. Bankguthaben oder Darlehen und Beteiligungsrechte wie Aktien oder Unternehmensbeteiligungen. Im Gegensatz zu der Sachinvestition lässt sich in einer Finanzinvestition die Höhe der Ausgaben und die Höhe der Einnahmen relativ einfach festlegen.<sup>27</sup>

Investitionen in den Personal-, Forschungs- und Entwicklungs- sowie Marketingbereich werden als immaterielle Investition gesehen. Investitionen in diesen drei Bereichen ermöglichen es einem Unternehmen auf dem Markt wettbewerbsfähig zu bleiben bzw. die Position am Markt zu stärken. Die Höhe der Kosten einer im-

---

<sup>25</sup> Vgl. Olfert (2001), S. 29.

<sup>26</sup> Vgl. Olfert (2001), S. 30.

<sup>27</sup> Vgl. Olfert (2001), S. 30.



materiellen Investition kann daher recht einfach bestimmt werden, die Höhe der Erlöse kann jedoch nur schwer oder gar nicht bestimmt werden.<sup>28</sup>

### **Wirkungsbezogene Investition**

Die wirkungsbezogene Investition umfasst die Investitionen die erstmalig in einem Unternehmen vorgenommen werden, z.B. Gründungs- und Erweiterungsinvestitionen und Investitionen die einen Bestand wieder auffüllen, z.B. Ersatzinvestitionen. Investitionen die einen Bestand wieder auffüllen werden als Reinvestitionen bezeichnet.<sup>29</sup>

### **Sonstige Investitionen**

Sonstige Investitionen bilden einen Sammelbegriff für eine Vielzahl von Investitionsarten. Zu den sonstigen Investitionen zählen Investitionen die auf unterschiedlichen hierarchischen Ebenen geplant werden. Die Fachliteratur<sup>30</sup> unterscheidet hier drei Ebenen: langfristige Investitionen, die in der obersten Unternehmensebene geplant werden (Olfert<sup>31</sup> bezeichnet diese als strategische Investitionen). Mittelfristig geplante Investitionen auf der mittleren Hierarchieebene fallen in die Kategorie taktische Investitionen. Investitionen im Tagesgeschäft sind meist kurzfristig, sie werden als operative Investitionen bezeichnet.<sup>32</sup>

Investitionen können auch von unterschiedlichen Investoren erfolgen, diese kapitalgeberbezogenen Investitionen werden in Investitionen der Unternehmer

---

<sup>28</sup> Vgl. Olfert (2001), S. 31.

<sup>29</sup> Vgl. Olfert (2001), S. 31.

<sup>30</sup> Vgl. Olfert (2001), S. 33.

<sup>31</sup> Vgl. Olfert (2001), S. 33.

<sup>32</sup> Vgl. Olfert (2001), S. 34.

(z.B. Maschinen), der öffentlichen Hand (z.B. Schulen) oder der privaten Haushalte (z.B. Haushaltsgeräte) unterteilt.<sup>33</sup>

Zusätzlich kann eine Einteilung in umschlagsbezogene Investitionen unternommen werden. Die umschlagsbezogene Investition unterscheidet, wie schnell ein Objekt zu Geld umgewandelt werden kann. Als schnell umschlagende Objekte gelten Rohstoffe oder Zulieferteile, Grundstücke und Gebäude sind hingegen langsam umschlagende Investitionen.<sup>34</sup>

Investitionen können zusätzlich einen wertmäßig unterschiedlichen Umfang aufweisen, die Unterscheidung nennt Olfert<sup>35</sup> umfangsbezogene Investition und gliedert sie in Routine-Investition und Unternehmenspolitische-Investitionen. Routine-Investitionen sind eher von kleinem Umfang, während hingegen Unternehmenspolitische-Investitionen von größerem Umfang sind.<sup>36</sup>

Einzelinvestitionen, Investitionsfolgen und Investitionsketten sind Gliederungen der häufigkeitsbezogenen Investition. Diese Gliederungsart beschreibt die Häufigkeit bzw. die Wiederholung einer Investition.<sup>37</sup>

Neben den bereits genannten Unterteilungen können sonstige Investitionen noch in die unterschiedlichen Auswirkungen, die sie im Unternehmen haben, unterteilt werden. Diese Unterteilung wird als abhängigkeitsbezogene Investition bezeichnet und wird untergliedert in isolierte Investitionen, also Investitionen ohne Auswirkung auf andere Funktionsbereiche, und interdependante Investitionen, also Investitionen mit Auswirkungen auf andere Funktionsbereiche.<sup>38</sup>

---

<sup>33</sup> Vgl. Olfert (2001), S. 34.

<sup>34</sup> Vgl. Olfert (2001), S. 34.

<sup>35</sup> Vgl. Olfert (2001), S. 34.

<sup>36</sup> Vgl. Olfert (2001), S. 34.

<sup>37</sup> Vgl. Olfert (2001), S. 34.

<sup>38</sup> Vgl. Olfert (2001), S. 34.

## 2.1.4 Die Investitionsrechenverfahren

Investitionsentscheidungsverfahren bilden über eine Analyse, eine Systematisierung, sowie eine Beschreibung von geplanten Investitionsvorhaben die Basis für Unternehmen zur Umsetzungsentscheidung von Projekten.

In der Praxis treffen Unternehmen eine Vielzahl von Investitionsentscheidungen. Essenziell für die Investitionsentscheidung ist die Abgrenzung nach dem Investitionsobjekt sowie nach dem Anlass der Investition. Eine Unterscheidung der Investitionsobjekte erfolgt in Sachinvestitionen, immaterielle Investitionen und Finanzinvestitionen.

Sachinvestitionen (wie Grundstücke, Sachanlagen, Kraftfahrzeuge) werden nach Ulrich Pape<sup>39</sup> als die klassischen Fälle von Investitionsentscheidungen bezeichnet und bilden die Grundlage von Investitionsrechnungen.

Erst in den letzten Jahren haben immaterielle Investitionen an Bedeutung zugenommen. Zu den immateriellen Investitionen gehören Patente, Lizenzen und Investitionen in Software.<sup>40</sup>

Beteiligungen, Anleihen, Forderungen, etc. sind Vertreter von Finanzinvestitionen. In der Regel wird bei Finanzinvestitionen versucht ein Maximum des Ertrages bei vorgegebenem Risiko umzusetzen bzw. ein Ziel mit minimalstem Risiko zu erreichen.<sup>41</sup>

Für die langfristige Existenzsicherung eines Unternehmens sind die Investitionsentscheidungen von ausschlaggebender Bedeutung, eine grundlegende Rolle kommt hier den Investitionsrechenverfahren zu.<sup>42</sup>

Die Investitionsrechnung bestimmt die wirtschaftlichen Vorteile eines Investitionsobjektes. Ein Unternehmen kann Entscheidungen zu Investitionen treffen, wenn

---

<sup>39</sup> Vgl. U. Pape (2011), S. 291.

<sup>40</sup> Vgl. U. Pape (2011), S. 291.

<sup>41</sup> Vgl. <http://www.wirtschaftslexikon24.com/d/finanzinvestition/finanzinvestition.htm> vom 02.01.2013, 14:40 Uhr.

<sup>42</sup> Vgl. U. Pape (2011), S. 300.

Informationen zu den Investitionsmöglichkeiten vorliegen. Diese Entscheidung wird in der Investitionsrechnung durch Analyse und Vergleich der Investitionsmöglichkeiten getroffen.<sup>43</sup>

Investitionsrechnungen lassen sich in statische und dynamische Verfahren unterteilen.

Statische Verfahren rechnen mit Jahresdurchschnittswerten und betrachten nur eine Periode, z.B. den durchschnittlichen Gewinn beim Kauf einer Maschine. Dynamische Verfahren rechnen hingegen mit mehreren Perioden. Die Kosten und Gewinne der Investitionen werden für jede Periode bis zum Ende der Nutzungsdauer betrachtet.<sup>44</sup>

### **2.1.5 Statische Investitionsrechenverfahren**

Durch die relativ einfache Anwendung und den geringen Informationsbedarf werden statische Rechenverfahren in der Praxis gerne bei einfachen Investitionsentscheidungen verwendet.

Die Entscheidungen werden unter Sicherheit getroffen, d.h. den Investoren stehen alle Informationen für die Entscheidung zur Verfügung, wie z. B. Investitionssumme, Nutzungsdauer, zu erwartende Kosten und Gewinne. Typisch für die Praxis ist jedoch, dass nicht alle Informationen vorliegen, für diesen Fall müssen sie bestmöglich geschätzt werden. Ist dies nicht möglich, so bietet die statische Investitionsrechnung die Möglichkeit, die Unsicherheit in die Entscheidung mit einzubeziehen. Bei Unsicherheit wird jedoch auf Grund der komplexen Entscheidungssituation meist das dynamische Investitionsrechenverfahren verwendet.<sup>45</sup>

Bei den statischen Investitionsrechenverfahren werden die einzelnen Jahre innerhalb der Nutzungsdauer nicht im Detail betrachtet, zur Berechnung wird ein

---

<sup>43</sup> Vgl. H. P. Becker (2012), S. 38.

<sup>44</sup> Vgl. H. P. Becker (2012), S. 38.

<sup>45</sup> Vgl. U. Pape (2011), S. 307.

Durchschnittsjahr verwendet. Als Beispiel kann für diesen Fall die Abschreibung von Investitionsvorhaben genannt werden. Die Anschaffungszahlungen für eine Investition werden periodisiert und auf ein Durchschnittsjahr heruntergebrochen. Der Nachteil in der statischen Investitionsberechnung ist die Fokussierung auf ein Durchschnittsjahr. Gleiche Zahlungen werden gleich stark gewichtet, auch wenn diese Zahlungen in anderen Perioden stattfinden.<sup>46</sup>

Zu den statischen Investitionsrechenverfahren zählen:<sup>47</sup>

- Kostenvergleichsrechnung
- Gewinnvergleichsrechnung
- Rentabilitätsvergleichsrechnung
- Amortisationsrechnung

### **Kostenvergleichsrechnung**

In der Kostenvergleichsrechnung wird versucht, aus mehreren Investitionen diejenige zu bestimmen, die die geringsten Kosten im Betrieb verursacht.

Berücksichtigt werden alle Kosten die eine Investition verursacht, die anfallenden Erlöse bleiben jedoch unberücksichtigt. Eine Unterscheidung der Kosten findet in variable und fixe Kosten statt. Variable Kosten sind abhängig von der Leistung bzw. der Menge. Von der Leistung bzw. Menge unabhängige Kosten werden als Fixkosten bezeichnet.<sup>48</sup>

### **Gewinnvergleichsrechnung**

Die Gewinnvergleichsrechnung ist eine Weiterführung der Kostenvergleichsrechnung. Als Kriterium zur Entscheidung einer Investition ist anstelle der durchschnittlichen Kosten der durchschnittliche Gewinn pro Periode ausschlaggebend. Ihre Anwendung findet die Gewinnvergleichsrechnung bei Erweiterungsinvestitionen. Die Ergebnisse des Gewinnvergleiches sind beim Vergleichen von Investitionsal-

---

<sup>46</sup> Vgl. U. Pape (2011), S. 307.

<sup>47</sup> Vgl. H. P. Becker (2012), S. 41.

<sup>48</sup> Vgl. H. P. Becker (2012), S. 42.

ternativen nur dann eine Entscheidungsgrundlage, wenn der Kapitaleinsatz und die Laufzeit gleich hoch sind.<sup>49</sup>

### **Rentabilitätsvergleichsrechnung**

Nach Götze<sup>50</sup> unterscheidet sich die Rentabilitätsvergleichsrechnung von der Gewinnvergleichsrechnung durch die Zielgröße. Bei der Zielgröße handelt es sich um das Verhältnis Gewinn zu Kapitaleinsatz.

Kapitaleinsatz und Gewinn lassen sich unterschiedlich definieren. Der Gewinn wird durch Addition des durchschnittlichen Gewinns mit den Durchschnittszinsen bestimmt. Als Kapitaleinsatz wird die durchschnittliche Kapitalbindung verwendet. Das Ergebnis der Rentabilitätsvergleichsrechnung kann auf zwei Arten beurteilt werden. Die Rentabilität eines Investitionsobjekts kann mit einem vorgegebenen Grenzwert oder mit der Rentabilität eines alternativen Investitionsobjekts verglichen werden. Ist die Rentabilität höher als der vorgegebene Grenzwert oder die Rentabilität der Alternative, dann spricht man von der Vorteilhaftigkeit des Investitionsobjektes.<sup>51</sup>

### **Amortisationszeitrechnung**

Die Amortisationszeitvergleichsrechnung ist in der Praxis aufgrund ihrer einfachen Anwendung sehr beliebt.<sup>52</sup>

Durch die Amortisationszeitrechnung wird die Amortisationszeit bzw. Wiedergewinnungszeit eines Investitionsobjekts bestimmt. In der Literatur werden zwei Varianten der Amortisationszeitrechnung beschrieben, die Durchschnittsrechnung und die Kumulations- bzw. Totalrechnung.

Die Kumulationsrechnung hat gegenüber der Durchschnittsrechnung den Vorteil, dass die durchschnittlichen jährlichen Rückflüsse nicht in einem einzigen Betrag

---

<sup>49</sup> Vgl. H. Schäfer (2005), S. 49f.

<sup>50</sup> Vgl. Götze (2008), S. 60.

<sup>51</sup> Vgl. Götze (2008), S. 60ff.

<sup>52</sup> Vgl. Götze (2008), S. 64.

ausgewiesen, sondern die geschätzten Rückflüsse für die einzelnen Jahre getrennt erfasst werden.<sup>53</sup>

**Tabelle 1: Zusammenfassung- Rechenmethode statische Rechenverfahren<sup>54</sup>**

Verfahren	Formel	Entscheidungsregel
Kostenvergleichsrechnung	$K = kf + kv * x$ $K = \frac{a_0 - RW}{n} + \frac{a_0 + RW}{2} * i + B$	Es ist die Investitionsalternative mit den geringsten Gesamtkosten bzw. Kosten pro Stück zu wählen.
Gewinnvergleichsrechnung	$G = (p * x) - (kf + kv * x)$	Die Investition mit dem größten Gewinn ist zu wählen.
Rentabilitätsvergleichsrechnung	$R = \frac{(p * x) - (kf + kv * x)}{D} * 100$	Es ist die Investitionsalternative zu wählen, bei der die Rendite am größten ist.
Amortisationszeitrechnung	$A_0 = \frac{a_0 - RW}{\left(\frac{1}{n} * \sum_{k=1}^n Gk\right) + Afa}$	Die Investition mit der geringsten Amortisationszeit ist zu wählen.

<sup>53</sup> In Anlehnung an Urbatsch, René-Claude: Investitionsentscheidungsrechnung, Vorlesungs-unterlagen Stand Juni 2011, S. 84ff.

<sup>54</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an Urbatsch, René-Claude: Investitionsentscheidungsrechnung, Vorlesungsunterlagen Stand Juni 2011.

## 2.1.6 Dynamische Investitionsrechenverfahren

Im Gegensatz zu den statischen Verfahren handelt es sich bei den dynamischen Investitionsrechenverfahren um Mehrperiodenmodelle, d.h. für die Berechnung werden mehrere bzw. alle zukünftigen Zeitabschnitte im Planungszeitraum berücksichtigt. Bei den dynamischen Rechenverfahren werden alle Ein- und Auszahlungen in den einzelnen Perioden der Nutzungsdauer auf ihren Gegenwartswert abgezinst. Diese Werte werden für den besseren Vergleich gleichgestellt. Für die Durchführung benötigt man finanzmathematische Unterstützung in Form einer Zinseszins- sowie einer Rentenrechnung wodurch die Berechnungen nur mit erheblichem zeitlichen Aufwand durchzuführen sind. Die Rechenverfahren setzen hierbei voraus, dass die einzelnen Investitionsobjekte keine Interdependenzen besitzen und somit echte Handlungsalternativen darstellen. Die für das dynamische Rechenverfahren notwendige Datenermittlung bzw. -beschaffung kann sich als schwierig erweisen und unter Umständen mit erheblichen Kosten verbunden sein.<sup>55</sup>

Zu den statischen Investitionsrechenverfahren zählen:<sup>56</sup>

- Kapitalbarwertmethode
- Annuitätenmethode
- Interne Zinsfußmethode

### **Kapitalbarwertmethode**

Mit Hilfe der Kapitalbarwertmethode werden auf rechnerischem Wege Zahlungen, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten stattfinden, miteinander verglichen. Ein Investor kann dadurch die in der Zukunft realisierten Rückflüsse mit der Anfangszahlung der Investition vergleichen.<sup>57</sup> Die Einnahmen und Ausgaben einer Investi-

---

<sup>55</sup> Vgl. U. Pape (2011), S. 346.

<sup>56</sup> In Anlehnung an Urbatsch, René-Claude: Investitionsentscheidungsrechnung, Vorlesungs-unterlagen Stand Juni 2011, S. 127ff.

<sup>57</sup> Vgl. D. Wahl (2003), S. 69.



tion werden auf den sogenannten Gegenwartswert abgezinst.<sup>58</sup> Der Kapitalbarwert ist somit definiert als die Differenz der getätigten Anfangszahlung (Investition) mit der Summe aller auf den Investitionszeitpunkt abgezinsten Kapitalrückflüsse. Ist der Saldo positiv, dann konnte aus der Investition ein Überschuss erwirtschaftet werden. Ist die Differenz negativ, dann wurde die gewünschte Mindestverzinsung nicht erreicht, d.h. die Rückflüsse der Investition konnten das eingesetzte Kapital nicht wiedergewinnen. Der Kapitalbarwert kann als Ergebnis auch Null betragen, was bedeutet, dass die gewünschte Mindestverzinsung erreicht wurde.<sup>59</sup>

Für den Investor ist als eine Investition dann vorteilhaft, wenn der Kapitalbarwert größer oder gleich Null ist.<sup>60</sup>

### **Annuitätenmethode**

Rechnen die Kapitalbarwert- und die interne Zinsfußmethode mit den Einnahmen und Ausgaben, so werden bei der Annuitätenmethode die durchschnittlichen jährlichen Ausgaben verwendet. Im ersten Schritt ist der Kapitalwert einer Investition zu bestimmen. Die Annuität ergibt sich aus der Multiplikation des Kapitalwertes mit dem Kapitalwiedergewinnungsfaktor.<sup>61</sup> Der Kapitalwiedergewinnungsfaktor ist eine finanzmathematische Größe und verteilt den jetzt fälligen Geldbetrag auf gleiche Annuitäten in den Perioden. Zinsen und Zinseszinsen werden im Kapitalwiedergewinnungsfaktor berücksichtigt.<sup>62</sup>

Durch die Annuitätenmethode lässt sich eine Einkommensmaximierung des Investors verdeutlichen, d.h. durch die Annuitätenmethode wird der Betrag bestimmt,

---

<sup>58</sup> Vgl. U. Gonschorrek, W. Hoffmeister (2007), S. 357.

<sup>59</sup> Vgl. D. Wahl (2003), S. 69.

<sup>60</sup> Vgl. U. Gonschorrek, W. Hoffmeister (2007), S. 357.

<sup>61</sup> Vgl. H. Kußmaul (2008), S. 217.

<sup>62</sup> Vgl. <http://www.wirtschaftslexikon24.com/d/kapitalwiedergewinnungsfaktor-kwf/kapitalwiedergewinnungsfaktor-kwf.htm> vom 02.01.2013, 14:40 Uhr

den ein Investor im Laufe der Nutzungsdauer pro Periode entnehmen kann, ohne dass die Rückgewinnung des gebunden Kapitals beeinträchtigt wird.<sup>63</sup>

Nach Hans Jung<sup>64</sup> ist eine Investition für den Investor dann vorteilhaft, wenn ihre Annuität größer oder zumindest gleich Null ist. Sind mehrere Investitionen zu vergleichen, dann ist die Investition mit der höchsten Annuität für den Investor am vorteilhaftesten.

Der Nachteil der Annuitätenmethode ist, dass sich die Höhe der Zahlungen und die einzelnen Zahlungsströme nicht ihrer zeitlichen Verteilung zurechnen lassen.<sup>65</sup>

### **Interne Zinsfußmethode**

Als interner Zinsfuß wird der Zinssatz bezeichnet, der zu einem Kapitalwert von Null führt, d.h. die getätigte Investition erwirtschaftet in der Nutzungsdauer gerade den Wiedergewinn und die Zinsen des eingesetzten Kapitals. Der interne Zinsfuß kann neben einem rechnerischen Näherungsverfahren auch grafisch bestimmt werden. Die grafische Lösung wird durch lineare Interpolation von zwei Versuchszinssätzen vorgenommen. Als Vorteil gilt, wenn die gewählten Versuchszinssätze nahe bei der gesuchten Lösung liegen bzw. einen möglichst kleinen Kapitalwert ergeben, um keine Interpolationsfehler zu erhalten.<sup>66</sup>

Mit Hilfe der internen Zinsfußmethode lassen sich einzelne Investitionen, alternative Investitionsobjekte, sowie der optimale Ersatzzeitpunkt beurteilen.

Eine Investitionsalternative gilt als vorteilhaft, wenn der interne Zinsfuß größer oder gleich der vom Investor festgelegten Mindestverzinsung ist.<sup>67</sup>

---

<sup>63</sup> Vgl. H. Kußmaul (2008), S. 218.

<sup>64</sup> Vgl. H. Jung (2007), S. 131.

<sup>65</sup> Vgl. H. Jung (2007), S. 131.

<sup>66</sup> Vgl. Warnecke/ Bullinger/ Hichert /Voegele (2003), S. 99.

<sup>67</sup> In Anlehnung an Urbatsch, René-Claude: Investitionsentscheidungsrechnung, Vorlesungs-unterlagen Stand Juni 2011, S. 156ff.

**Tabelle 2: Zusammenfassung- Rechenmethode dynamische Rechenverfahren<sup>68</sup>**

Verfahren	Formel	Entscheidungsregel
Kapitalbarwertmethode	$C_0 = -a_0 + \left( \sum_{k=1}^n \frac{e_k - a_k}{q_k} \right) + \frac{L}{q^n}$ $C_0 = -a_0 + \ddot{u} * \frac{q^n - 1}{q^n * (q - 1)} + \frac{L}{q^n}$ $C_0 = -a_0 + \ddot{u} * \frac{1}{i}$	Es ist die Investition zu wählen, bei der der Kapitalwert am größten ist.
Annuitätenmethode	$d = \left( -a_0 + \left( \sum_{k=1}^n \frac{e_k - a_k}{q_k} \right) + \frac{L}{q^n} \right) * \frac{q^n * (q - 1)}{q^n - 1}$ $d = (-a_0 + \ddot{u} * \frac{q^n - 1}{q^n * (q - 1)} + \frac{L}{q^n}) * \frac{q^n * (q - 1)}{q^n - 1}$ $d = (-a_0 + \ddot{u} * \frac{1}{i}) * \frac{q^n * (q - 1)}{q^n - 1}$	Die Investition mit der größten Annuität ist zu wählen.
Interner Zinsfuß	$0 = -a_0 + \left( \sum_{k=1}^n \frac{e_k - a_k}{q_k} \right) + \frac{L}{q^n}$ $0 = -a_0 + \ddot{u} * \frac{q^n - 1}{q^n * (q - 1)} + \frac{L}{q^n}$ $0 = -a_0 + \ddot{u} * \frac{1}{i}$	Die Investition ist sinnvoll, wenn der berechnete Zinsfuß kleiner ist als der Kalkulationszinsfuß.

<sup>68</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an Urbatsch, René-Claude: Investitionsentscheidungsrechnung, Vorlesungsunterlagen Stand Juni 2011.

## 2.2 Investition als Entscheidungsprozess

### 2.2.1 Der Begriff Entscheidung

Unter dem Begriff Entscheidung wird die Auswahl von mindestens zwei möglichen Handlungsalternativen verstanden.<sup>69</sup> Der Mensch muss jeden Tag berufliche oder private Entscheidungen für sich alleine oder mit anderen Menschen treffen. Diese Auswahl von Handlungsalternativen kann bewusst oder unbewusst erfolgen.<sup>70</sup>

Die getroffenen Entscheidungen finden in einem Aktionsraum mit der Menge aller verfügbaren Entscheidungen statt. Das Resultat einer Entscheidung wird sehr stark vom Umfeld dieses Aktionsraumes beeinflusst. Dieses Umfeld bzw. die Umwelt kann aus technischen, politischen, sozialen, kulturellen, etc. Faktoren bestehen, welche Einfluss auf den Entscheidungsträger nehmen.<sup>71</sup>

Der Aktionsraum bietet dem Entscheidungsträger die Möglichkeit nach einer festgelegten Zielvorstellung eine Alternative auszuwählen. Wöhe<sup>72</sup> beschreibt, die Auswahl dieser Alternativen als einen „(...) höchst komplexen Vorgang.“ Mit Hilfe von Entscheidungsregeln bietet die Literatur eine Lösung für dieses Auswahlproblem an. Über diese Entscheidungsregeln lässt sich über die einzelnen Handlungsalternativen eine Rangordnung herstellen. Hier stellt sich nur die Frage, welche Instrumente bzw. welche Informationen zur Verfügung stehen. Informationen bilden für die Entscheidung eine wichtige Basis, da künftige Entwicklungen bzw. deren Konsequenzen betrachtet werden können. Wöhe unterscheidet hier zwischen vollkommener Information und unvollkommener Information. In der folgenden Tabelle sind mögliche Informationsgrade mit dem Informationsstand und der Entscheidungssituation abgebildet.<sup>73</sup>

---

<sup>69</sup> Vgl. Laux, Grillenkirch, Schenk-Mathes (2012), S. 3.

<sup>70</sup> Vgl. Laux, Grillenkirch, Schenk-Mathes (2012), S. 3.

<sup>71</sup> Vgl. Stelling (2009), S. 318f.

<sup>72</sup> Vgl. Wöhe, (2010), S. 92.

<sup>73</sup> Vgl. Wöhe, (2010), S. 91f.

**Tabelle 3: Informationsstand und Entscheidungssituation<sup>74</sup>**

Vollkommene Information	Unvollkommene Information	
Entscheidung bei sicheren Erwartungen	Entscheidung unter Risiko	Entscheidung bei unsicheren Erwartungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konsequenzen des Handelns sind vollständig bekannt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konsequenzen unbestimmt</li> <li>• Eintrittswahrscheinlichkeit bekannt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konsequenzen unbestimmt</li> <li>• Eintrittswahrscheinlichkeit unbekannt</li> </ul>

### **Entscheidungen bei sicheren Erwartungen**

Treten sichere Erwartungen auf, können unternehmerische Entscheidungen sehr einfach getroffen werden, da die Konsequenzen des Handelns vollständig bekannt sind. In der Praxis sind diese Handlungsmöglichkeiten äußerst selten und nicht realistisch, da niemand die Zukunft vorhersagen kann. Handlungen sind meistens mit Risiko verbunden.<sup>75</sup>

Die Nutzwertanalyse kann mit den folgenden Entscheidungsregeln die Präferenzen eines Entscheidungsträgers rechnerisch darstellen.

Für die **Lexikographische Ordnung** muss eine Zielgewichtung festgelegt werden d.h. Ziel 2 ist wichtiger als Ziel 1.<sup>76</sup>

Die **Zielgewichtung** zeigt die Aktion mit dem größten Nutzen. Hierfür müssen Gewichte festgelegt (z.B.  $g_1 = 0,2$ ,  $g_2 = 0,4, \dots$ ) und mit dem Nutzen multipliziert

---

<sup>74</sup> Vgl. Wöhe,(2010), S. 93.

<sup>75</sup> Vgl. Wöhe,(2010), S. 96f.

<sup>76</sup> Vgl. Stelling (2009), S. 322.

werden. Die einzelnen Zeilen werden summiert und die Zeile mit dem größten Wert als Optimum gewählt.<sup>77</sup>

Beim **Goal-Programming** wird die optimale Aktion über die Abweichungssumme zu den zuvor bestimmten Vorgabewerten ermittelt. Die Alternative mit dem geringsten Zeilenminimum ist am besten geeignet.<sup>78</sup>

Die **Maximierung des minimalen Zielerreichungsgrades** bestimmt die beste Alternative indem die Spaltenmaxima bestimmt werden. Die einzelnen Nutzenwerte werden anschließend durch das Spaltenmaximum dividiert, das Zeilenminimum wird bestimmt. Die Alternative mit dem Maximum der Zeilenminima ist für den Entscheidungsträger am besten geeignet.<sup>79</sup>

### **Entscheidungen unter Risiko**

Entscheidungen unter Risiko treten auf, wenn für den Entscheidungsträger die möglichen Umweltzustände sowie die Wahrscheinlichkeiten für das Eintreten bekannt sind, z.B. ein neuer Konkurrent am Markt. Zu den bekanntesten Entscheidungsregeln unter Risiko zählen folgende:<sup>80</sup>

Bei der  **$\mu$ -Regel** ist der Entscheidungsträger Risikoneutral und entscheidet sich für die Alternative mit dem höchsten Erwartungswert ( $\mu$ ).<sup>81</sup>

In der  **$(\mu, \sigma)$ -Regel** wird im Gegensatz zum Erwartungswert bei der  $\mu$ -Regel auch das Risiko betrachtet, wodurch die Risikoneigung des jeweiligen Entscheidungsträgers über den Risikopräferenzfaktor  $q$  berücksichtigt wird. Ist der Risikopräferenzfaktor Null, so gilt der Entscheidungsträger als risikoneutral. Ist der Wert größer (kleiner) als Null, spricht man von einem risikofreudigen (risikoscheuen) Ent-

---

<sup>77</sup> Vgl. Stelling (2009), S. 322.

<sup>78</sup> Vgl. Stelling (2009), S. 322.

<sup>79</sup> Vgl. Stelling (2009), S. 322.

<sup>80</sup> Vgl. Wöhe,(2010), S. 97.

<sup>81</sup> Vgl. Wöhe,(2010), S. 97.

scheidungsträger. Nach Wöhe dient die Standardabweichung  $\sigma$  als Maß zur Messung des Risikos und erfasst „(...) die wahrscheinliche Abweichung der Einzelergebnisse vom Erwartungswert“. Die Standardabweichung wird über eine Formel berechnet.<sup>82</sup>

Beim **Bernoulli-Prinzip** wird ebenfalls das Risiko betrachtet. Die Orientierung erfolgt aber nicht vom Erwartungswert des Gewinnes sondern am erwarteten Nutzen. Mit Hilfe einer Risikonutzenfunktion werden die Ergebnisse in Nutzenwerte umgerechnet und der Erwartungswert bestimmt.<sup>83</sup>

### **Entscheidungen bei unsicheren Erwartungen**

Entscheidungen bei unsicheren Erwartungen sind dadurch gekennzeichnet, dass die Konsequenzen und die Eintrittswahrscheinlichkeit unbekannt sind, d.h. es liegen unterschiedliche Umweltzustände vor, denen keine Eintrittswahrscheinlichkeit zugeordnet werden kann.<sup>84</sup>

Stelling<sup>85</sup> beschreibt folgende Entscheidungsregeln:

Die **Maximin- (Wald-)Regel** bestimmt den größten Nutzen für den Entscheidungsträger durch die Aktion mit dem maximalen Minimum.<sup>86</sup>

In der **Maximax-Regel** bringt die Aktion mit dem maximalen Maximum den größten Nutzen.<sup>87</sup>

Als Kombination der Maximin- und der Maximax-Regel berücksichtigt die **Hurwicz-Regel** die Risikoeinstellung der Entscheidungsträger. Über den Risikopara-

---

<sup>82</sup> Vgl. Wöhe,(2010), S. 96ff.

<sup>83</sup> Vgl. Stelling (2009), S. 326f.

<sup>84</sup> Vgl. Wöhe,(2010), S. 98f.

<sup>85</sup> Vgl. Stelling (2009), S. 324f.

<sup>86</sup> Vgl. Stelling (2009), S. 324.

<sup>87</sup> Vgl. Stelling (2009), S. 324.

meter  $\lambda$  wird die Risikofreudigkeit klassifiziert. Der Risikoparameter kann zwischen Null und Eins liegen (Null ist extrem Risikoscheu und Eins ist extrem risikofreudig). Bei der Hurwicz-Regel werden die Zeilenmaxima mit dem Parameter  $\lambda$ , die Zeilenminima mit dem Parameter  $(1-\lambda)$  gewichtet. Der maximale Wert bringt den größten Nutzen.<sup>88</sup>

Ist die Eintrittswahrscheinlichkeit nicht bekannt, wird für die Umweltzustände die gleiche Eintrittswahrscheinlichkeit angenommen, d.h. der jeweilige Nutzen wird durch die Anzahl der Zustände dividiert. Die Alternative mit dem größten Wert wird empfohlen. Diese Berechnungsmethode wird als **Laplace-Regel** bezeichnet.<sup>89</sup>

Als Regel des kleinsten Bedauerns wird die **Savage-Niehans-Regel** bezeichnet. Diese Regel findet auch Anwendung, wenn ein möglicher Sachschaden abzuwenden ist, d.h. in der Savage-Niehans-Regel wird der jeweilige Nutzenwert vom Spaltenmaximum abgezogen. Dieser Wert wird als das kleinste Bedauern bezeichnet. Die Alternative mit dem minimalsten Wert soll gewählt werden, da auch hier das Risiko am geringsten ist.<sup>90</sup>

In der **Krelle-Regel** wird über die Unsicherheitspräferenzfunktion  $\omega$  eine Gewichtung der Alternativen vorgenommen. Die Einzelnen Nutzenwerte einer Aktion werden dann zu einem Gesamtnutzenwert summiert. Die Unsicherheitspräferenzfunktion zeigt die Risikofreude bzw. –scheue eines Entscheidungsträgers.<sup>91</sup>

---

<sup>88</sup> Vgl. Wöhe, (2010), S. 99.

<sup>89</sup> Vgl. Wöhe, (2010), S. 99.

<sup>90</sup> Vgl. Stelling (2009), S. 325.

<sup>91</sup> Vgl. Stelling (2009), S. 325.



## 2.2.2 Die Phasen des Entscheidungsprozesses

Als Hilfsmittel für die Entscheidungsfindung kann der Entscheidungsprozess angesehen werden.

Die Darstellung des Entscheidungsprozesses ist als ideal anzusehen und gestaltet lediglich den Ablauf etwas übersichtlicher und bietet keine Garantie für ein optimales Ergebnis.

**Tabelle 4: Phasen des Entscheidungsprozesses<sup>92</sup>**

<b>Phase</b>	<b>Zielstellung</b>	<b>Methoden</b>
Anregungsphase	Probleme werden erkannt und erfasst	SOLL-Zustand wird definiert.
Suchphase	Ideenfindung und -strukturierung,  Suche nach Handlungsalternativen	z.B. Brainstorming
Auswahl- oder Entscheidungsphase	Auswahl der am besten geeigneten Alternative	Entscheidungsregeln
Umsetzungsphase	Umsetzung der ausgewählten Alternative	
Kontrollphase	Analyse der realisierten Alternative	SOLL-IST-Vergleich

In der Anregungsphase wird ein ungelöstes Problem erkannt, d.h. der IST-Zustand entspricht nicht dem SOLL-Zustand. Eine Ursachenanalyse kann zu einer Klärung

---

<sup>92</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an Heinen (1991), S. 35f.

bzw. einer Wissensgewinnung beitragen. Besteht ein weiterer Handlungsbedarf sollte durch die Ursachenanalyse eine genaue Beschreibung des Problems bzw. eine genaue Definition des Zieles möglich sein.<sup>93</sup>

Als nächster Schritt im Entscheidungsprozess folgt die Suchphase. In der Suchphase erfolgt die Ermittlung von Lösungsmöglichkeiten d.h. „(...)die möglichen Handlungsalternativen und deren zu erwartenden Konsequenzen(...)“<sup>94</sup> werden erfasst sowie deren Erfüllung für die gestellten Ziele betrachtet. Die Ideenfindung z.B. über Brainstorming führt zu einer Aufstellung der Handlungsalternativen.<sup>95</sup>

In der Auswahl- oder Entscheidungsphase werden nach Heine<sup>96</sup> die Alternativen entsprechend der in der Anregungsphase erstellten Ziele in eine Reihenfolge gebracht. Über die Entscheidungsregeln kann die Festlegung einer Handlungsalternative erfolgen.<sup>97</sup>

Die praktische Umsetzung der zuvor gewählten Handlungsalternative erfolgt in der Umsetzungsphase.<sup>98</sup>

Die Phasen des Entscheidungsprozesses müssen einer laufenden Kontrolle und Überwachung unterliegen, d.h. der IST-Zustand wird mit dem SOLL-Zustand verglichen. Treten Abweichungen zwischen den erwünschten und erzielten Ergebnissen auf könnte diese neue Entscheidungen auslösen, d.h. Werden Ziele nicht erreicht kann der Entscheidungsprozess mit der Anregungsphase neu starten.<sup>99</sup>

---

<sup>93</sup> Vgl. Heinen (1991), S. 35.

<sup>94</sup> Vgl. Heinen (1991), S. 35.

<sup>95</sup> Vgl. Heinen (1991), S. 36.

<sup>96</sup> Vgl. Heinen (1991), S. 36.

<sup>97</sup> Vgl. Heinen (1991), S. 36.

<sup>98</sup> Vgl. Heinen (1991), S. 36.

<sup>99</sup> Vgl. Heinen (1991), S. 36.

## 3 Investitionsentscheidung

Im Kapitel 3 wird die Umsetzung der Investitionsentscheidungsrechnung anhand des Praxisbeispiels „Erneuerung der Rechenreinigungsmaschine im Kraftwerk Urstein“ dargestellt. Nach der Beschreibung der allgemeinen Situation im Kraftwerksbereich und der geplanten Lösungsmöglichkeiten erfolgt die wirtschaftliche Betrachtung anhand der in Kapitel 2 angeführten Methoden und Verfahren.

### 3.1 Problemstellung

Das Kraftwerk Urstein ist ein Laufkraftwerk und nutzt seit 1971 die Salzach zwischen der Stadt Hallein und der Landeshauptstadt Salzburg zur Energiegewinnung. Seinen Namen verdankt das Kraftwerk dem am rechten Stauufer gelegenen Schloss Urstein. Die Anlage ist als Niederdruckanlage konstruiert und besteht aus einer Wehranlage und einem Krafthaus.<sup>100</sup>

Um für die Energieerzeugung eine entsprechenden Fallhöhe herzustellen, wird die Salzach mit Hilfe der Wehranlage aufgestaut. Der dadurch entstehende Höhenunterschied zwischen Ober- und Unterwasser erzeugt den nötigen Druck, um die Turbinen im Krafthaus anzutreiben. Im Kraftwerk Urstein sind zwei Maschinensätze situiert, diese arbeiten die maximale Durchflussmenge von 250 m<sup>3</sup>/s in einer Fallhöhe von 11,15 m ab und erzeugen im Jahr rund 120 Millionen Kilowattstunden Strom.<sup>101</sup>

Die Salzach führt jährlich rund 100 t<sup>102</sup> an Treibgut mit. Vielfach handelt es sich bei diesem Treibgut um rein organisches Material wie Laub, Wasserpflanzen, Äste und kleinere Bäume. Jedoch werden von der Strömung auch nichtorganische Be-

---

<sup>100</sup> Vgl. Salzburg AG Broschüre Wasserkraft, S. 6.

<sup>101</sup> Vgl. Salzburg AG Broschüre Wasserkraft, S. 6.

<sup>102</sup> Vgl. Salzburg AG SAP-Auswertung Entsorgungskosten KW Urstein.

standteile, wie z.B. Kunststoffe, Kühlschränke, Autoreifen, usw. mittransportiert.<sup>103</sup>

Um die beiden Maschinensätze vor Beschädigung durch dieses Treibgut zu schützen ist im Einlaufbereich der Turbinen ein Rechen angebracht. Dieser Rechen besteht aus Flachstahl mit einem Querschnitt von 120/15 mm. Die einzelnen Flachstahlstäbe sind in einem Winkel von 72 ° zur Horizontalen und in einem Abstand von ca. 10 cm quer zur Strömungsrichtung angebracht.

Auf Grund der Strömung legt sich das Treibgut an den Rechen an und verlegt diesen, wodurch sich die Fallhöhe verringert. Eine verringerte Fallhöhe führt zu einer Reduzierung der Leistung. Die folgende Formel verdeutlicht den Zusammenhang der Leistung mit der vorhandenen Fallhöhe:

$$P = \eta \times \frac{\rho \times g}{10^3} \times Q \times h^{104}$$

P	Leistung	[kW]
$\eta$	Wirkungsgrad	[-]
$\rho$	Dichte des Wassers	[kg/m <sup>3</sup> ]
g	Fallbeschleunigung	[m/s <sup>2</sup> ]
Q	Durchfluss	[m <sup>3</sup> /s]
h	Fallhöhe	[m]

Setzt man nun in die Formel die entsprechenden Werte ein, so kann der Leistungsverlust bei reduzierter Fallhöhe bestimmt werden. Zur Vereinfachung werden die Werte für die Fallbeschleunigung und die Dichte des Wassers gerundet. Die Fallbeschleunigung beträgt 9,81 m/s<sup>2</sup><sup>105</sup> und wird daher auf den Wert 10 m/s<sup>2</sup> gerundet. Wasser besitzt bei einer Temperatur von 10 °C eine Dichte von 999,73 kg/m<sup>3</sup><sup>106</sup>, dieser Wert wird zur Vereinfachung auf 1000 kg/m<sup>3</sup> gerundet. Der

---

<sup>103</sup> Vgl. Wasserkraftanlagen (2009), S. 179.

<sup>104</sup> Vgl. Wasserkraftanlagen (2009), S. 31.

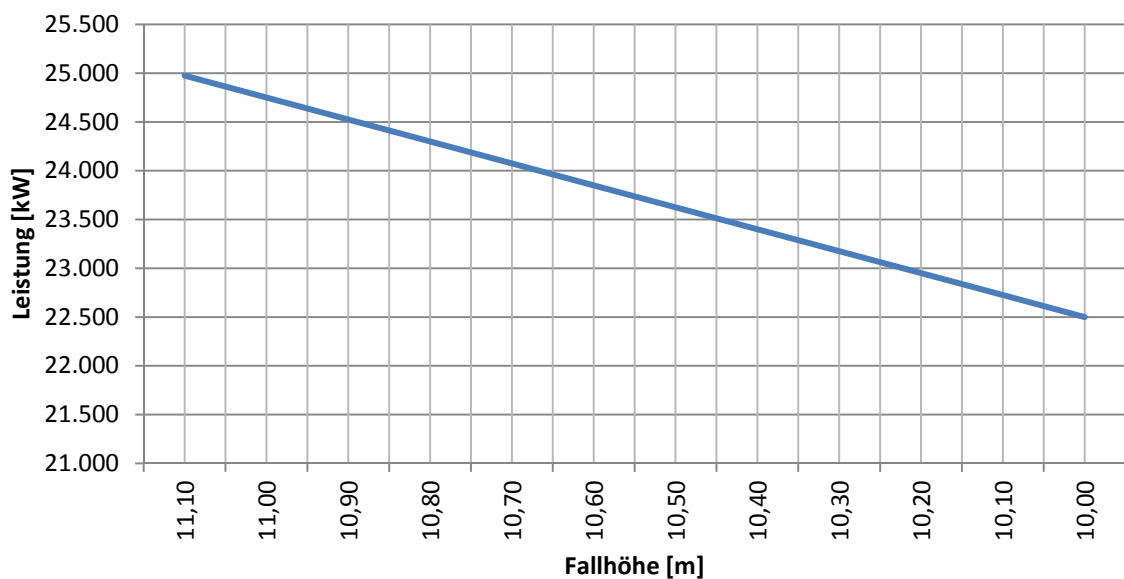
<sup>105</sup> Vgl. Wasserkraftanlagen (2009), S. 27.

<sup>106</sup> Vgl. Wasserkraftanlagen (2009), S. 27

Wirkungsgrad einer Kaplan turbine liegt in etwa bei 90 %<sup>107</sup>. Die technischen Daten des Kraftwerks Urstein sind im Anhang Teil 1 (Seite A-1f) ersichtlich.

Unter der Annahme, dass der Durchfluss und der Wirkungsgrad konstant sind, ergibt sich durch die Berechnung in Anhang Teil 2 (Seite A-9f) ein Leistungsverlust von 225 kW je 10 cm Fallhöhenverlust.

Die Abhängigkeit der Leistung von der Fallhöhe ist in der folgenden Kurve ersichtlich:



**Abbildung 2: Leistungsreduktion bei Fallhöhenverlust**

Um die genannten Rechenverluste zu reduzieren muss der Rechen vom zurückgehaltenen Treibgut gereinigt werden. Diese Reinigung erfolgt über die Rechenreinigungsmaschine.

Die Rechenreinigungsmaschine beim Kraftwerk Urstein ist ein Steilrechen mit Seilantrieb und besteht aus Putzharke, Schwemmgutrechen, Schwenkarm mit Hebezeug und Maschinenrahmen mit Windenhaus und Führerkanzel. Der Maschinenrahmen ist eine Stahlkonstruktion aus zwei Portalrahmen die mittels Längsträger verbunden sind. Auf diesem Stahlgerüst ist der Maschinenraum mit den mechanischen und elektrischen Ausrüstungsteilen sowie dem Hubwerk der Putz-

<sup>107</sup> Vgl. Wasserkraftanlagen (2009), S. 523f.

harke montiert. Der Maschinenraum ist mit dem Windenhaus abgedeckt. Gesteuert wird die Maschine von der an den Maschinenraum angeschlossenen Führerkanzel. Die komplette Rechenreinigungsmaschine ist fahrbar und bewegt sich auf einbetonierten Schienen am Dach des Kraftwerkes längs zu den Rechen der beiden Turbineneinläufe.

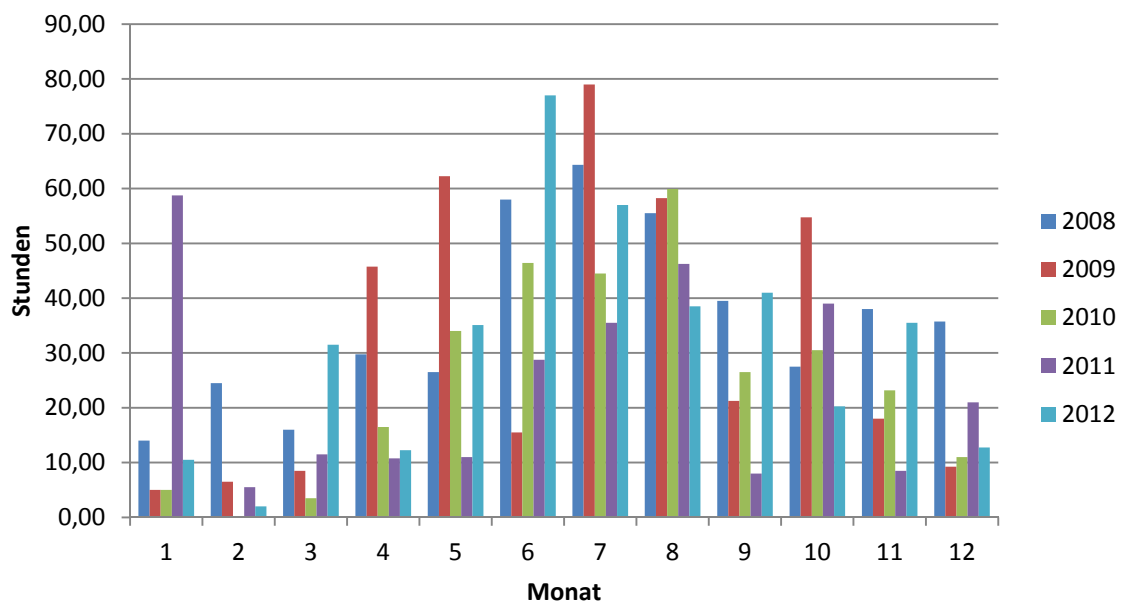
Die Reinigung des Rechens erfolgt mit der Putzharke. Die Harke hat eine Breite von 2,5 m und ein Gewicht von drei Tonnen. Die Putzharke ist an dem sogenannten Putzwagen angebracht und kann hydraulisch geöffnet oder geschlossen werden. Der Putzwagen wird mit offener Putzharke an der Außenseite der Rechenstäbe abgesenkt. Die Putzharke wird geschlossen und der Putzwagen wird mit Seilen angehoben. Das Öffnen und Schließen der Putzharke kann an jeder beliebigen Position des Putzwagens erfolgen, wodurch Schwemmgut von der Wasseroberfläche bis zum Grund des Turbineneinlaufes in rund 14 m aufgenommen wird. Das Putzgut wird bis in den Maschinenraum der Rechenreinigungsmaschine gezogen, wo es über Rutschbleche in den mitfahrenden Container gelangt.

Der Schwemmgutrechen ist als Rohrkonstruktion ausgeführt, und an der rechten Seite der Rechenreinigungsmaschine angeordnet. Über Hydraulikzylinder wird der Schwemmgutrechen in das Wasser geschwenkt, so dass er bei einem Wasserspiegel auf Kote 434,00 eine Eintauchtiefe von 25 cm aufweist. Am auskragenden Ende ist der Rechen gekröpft, damit beim Ausschieben ein Verlust des Treibguts verhindert wird.

Um Baumstämme oder Schwemmzeug, welches von der Harke nicht mehr gefördert werden kann, aus dem Wasser zu heben wird der Schwenkarm mit Hebezeug verwendet.

Die Steuerung der Rechenreinigungsmaschine erfolgt manuell durch das Betätigen eines Druckknopftasters. Das bedeutet, dass ein Mitarbeiter die gesamte Reinigung durchführen muss. Je nach Menge an Schwemmgut kann eine Rechenreinigung bis zu einer Stunde in Anspruch nehmen. Die aufgewandten Zeiten werden von jedem Mitarbeiter im Stundennachweis erfasst. Die Buchung der Stunden erfolgt auf den entsprechenden Auftrag im SAP und rechnet somit direkt auf die Kostenstelle des Kraftwerks Urstein ab.

Im Kostenstellenbericht kann die Auswertung der Stundenanzahl sowie der angefallenen Kosten auf Monats- oder Jahresebene erfolgen. Für die Auswertung der gebuchten Stunden wurde der Zeitraum von 2008 bis 2012 betrachtet. Die Eingrenzung des Zeitraumes erfolgte aufgrund der Inbetriebnahme einer Vergleichsanlage in 2007. Die angeführte Graphik veranschaulicht die Stundenaufwendungen in den Jahren 2008 - 2012.



**Abbildung 3: Stundenaufstellung Rechenräumen**

Neben einer starken Schwankung in den einzelnen Monaten ist auch eine starke Schwankung der aufgewendeten Stunden in den Jahren zu erkennen. Diese Schwankungen entstehen aufgrund des Unterschiedes im Zufluss. So ist der Zufluss zum Kraftwerk in den Sommermonaten aufgrund von Schneeschmelze und Niederschlägen immer deutlich höher als im Winter. Die Stundenaufwendungen sind im Zeitraum Mai bis September am höchsten, denn ein hoher Zufluss bedeutet auch viel Schwemmgut.

Aufgrund der Schwankungen in den einzelnen Jahren wurde ein Durchschnittswert gebildet. Im Durchschnitt der letzten fünf Jahre sind für das Rechenreinigen im Kraftwerk Urstein rund 354 Stunden pro Jahr angefallen. Diese Stunden verursachen im Durchschnitt Kosten in der Höhe von rund 21.900 Euro. Die Bestimmung des durchschnittlichen Stundenaufwandes und der durchschnittlichen Kosten ist im Anhang Teil 2 (Seite A-11) ersichtlich.

In dieser Diplomarbeit werden nun unterschiedliche Möglichkeiten zur Reduktion dieser Kosten wirtschaftlich betrachtet.

### **3.2 Lösungsmöglichkeiten**

Wie im vorherigen Kapitel beschrieben sind für das Reinigen des Rechens im Kraftwerk Urstein jährlich rund 354 Stunden Arbeit angefallen. Das Kapitel Lösungsmöglichkeiten beschäftigt sich nun mit den technischen Möglichkeiten diese Stunden zu reduzieren. Der Vergleich mit den Kraftwerken Gamp und Sohlstufe Hallein zeigen, dass die manuelle Bedienung sowie die technische Ausführung der Rechenreinigungsmaschine die maßgeblichen Indikatoren für den hohen Stundenaufwand sind.

Die Kraftwerke Gamp und Sohlstufe Hallein sind wie das Kraftwerk Urstein Anlagen der Salzburg AG und nutzen die Salzach zur Energiegewinnung. Die drei Anlagen bilden eine Kraftwerkskette, d.h. die Anlagen befinden sich direkt hintereinander und sind somit von den äußeren Einflussfaktoren nahezu ident. Die Kraftwerke sind Laufkraftwerke und unterscheiden sich technisch nur durch die Fallhöhe. Neben der guten technischen Übereinstimmung werden die Anlagen von denselben Mitarbeitern betreut, wodurch eine gute Übereinstimmung in den Stundenbuchungen gegeben ist. Zum Vergleich sind die technischen Daten im Anhang Teil 1 (Seite A-3ff) angeführt.

Ein wesentlicher Unterscheidungspunkt dieser Kraftwerke ist jedoch die Rechenreinigungsmaschine und ihre Bedienung. Das Kraftwerk Sohlstufe Hallein besitzt wie das Kraftwerk Urstein einen manuell zu bedienenden Seilrechen, jedoch mit einem größeren Container für das geräumte Schwemmgut. Das Kraftwerk Gamp besitzt bereits eine automatische Rechenreinigungsmaschine. Die Basis für die Aufstellung der Lösungsmöglichkeiten bildet der Vergleich des angefallenen Rechengutes und den aufgewendeten Stunden für das Rechenräumen dieser drei Kraftwerke. Die nachstehende Tabelle zeigt die Auswertung der einzelnen Kostenstellenberichte:



**Tabelle 5: Vergleich Menge Rechengut**

<b>Menge Rechengut [Tonnen]</b>	<b>2012</b>	<b>2011</b>	<b>2010</b>	<b>2009</b>	<b>2008</b>	<b>Mittelwert</b>
KW Gamp	197	99	103	153	200	150
KW Sohlstufe Hallein	93	61	57	64	129	81
KW Urstein	107	54	70	82	72	77

Bei der Auswertung der Rechengutmenge ist zu erkennen, dass im Kraftwerk Gamp rund doppelt so viel Schwemmgut angefallen ist wie im Kraftwerk Urstein. Doch der Vergleich mit den aufgewendeten Stunden in der unten angeführten Tabelle zeigt, dass das Kraftwerk Gamp nur einen Bruchteil der Personalstunden des Kraftwerks Urstein für die Räumung des Rechens benötigt.

**Tabelle 6: Vergleich Stundenaufwand Rechenräumen**

<b>Rechenräumen [Stunden]</b>	<b>2012</b>	<b>2011</b>	<b>2010</b>	<b>2009</b>	<b>2008</b>	<b>Mittelwert</b>
KW Gamp	398	151	160	218	249	235
KW Sohlstufe Hallein	384	370	226	258	357	319
KW Urstein	429	384	301	285	373	354

So benötigten die Mitarbeiter für die Räumung des Rechens im Kraftwerk Gamp rund 235 Stunden bei einer Schwemmgutmenge von rund 150 Tonnen. Im Gegensatz werden für das Rechenräumen im Kraftwerk Urstein 354 Stunden für rund 77 Tonnen Schwemmgut verwendet. Diese Differenz ist auf die automatische Rechenreinigungsmaschine im Kraftwerk Gamp zurückzuführen, d.h. entsteht im Kraftwerk Gamp durch das Schwemmgut eine Rechendifferenz von rund 40 cm, so startet die Rechenreinigungsmaschine automatisch den Reinigungsvorgang. Im Kraftwerk Urstein hingegen werden bei einer Rechendifferenz von 40 cm die Mitarbeiter über eine Störmeldung des Leittechniksystems verständigt. Die Mitarbeiter müssen vor Ort die Rechenreinigungsmaschine in Betrieb setzen und die Maschine für den Rechenreinigungsvorgang bedienen bzw. überwachen. Dieser Ver-

gleich der beiden Anlagen zeigt, dass die automatische Rechenreinigungsmaschine ein erhebliches Einsparungspotential für die Reduktion der Betriebskosten auf der Kraftwerksanlage liefert. In dieser Arbeit wird daher die Automatisierung der Rechenreinigungsmaschine im Kraftwerk Urstein wirtschaftlich betrachtet. Die Automatisierung kann durch einen Umbau der bestehenden Rechenreinigungsmaschine oder durch die Anschaffung einer neuen Rechenreinigungsmaschine erfolgen. In Folge werden der Umbau und ein Neuerwerb als mögliche Handlungsalternativen betrachtet.

### **3.2.1 Übersicht der Alternativen**

Wie bereits erwähnt werden zwei Alternativen betrachtet. Die erste Alternative ist der Umbau der bestehenden Rechenreinigungsmaschine auf automatischen Betrieb. Als zweite Alternative wird die Anschaffung einer neuen automatisierten Rechenreinigungsmaschine untersucht, wobei sich diese Alternative noch zusätzlich in zwei Varianten unterteilt. Diese beiden Varianten sind technische Lösungsansätze zum Reinigen des Rechens und werden in der folgenden Übersicht noch detaillierter beschreiben

#### **Alternative 1: Umbau der bestehenden Rechenreinigungsmaschine**

In der Variante „Umbau der bestehenden Rechenreinigungsmaschine“ bleibt die Maschine im Wesentlichen unverändert d.h. die Hauptkomponenten wie Fahrgestell, Maschinenhaus und Putzharke bleiben bestehen. Die Rechenputzwinde ist windenseitig mit einstellbaren Endschaltern für die unterste und oberste Hakenposition und für die Hakenentleerungsposition zu versehen. Weiteres sind alle Seile auf Schlaffseilbildung zu überwachen. Es ist eine Tiefenanzeige für die Rechenputzharke im Führerstand vorzusehen. In der Entleerungsposition muss sich die Putzharke möglichst vollständig in den montierten Rechengutcontainer entleeren. In der Steuerung ist ein Putzzyklus vorzusehen, bei dem die Putzharke automatisch hinunterfährt, eingeschwenkt wird, herauffährt und entleert wird. Im Zuge dieser Umbauarbeiten sollen ebenfalls die Antriebe erneuert und die komplette Rechenreinigungsmaschine neu verkabelt werden. Zur Steuerung der Rechenrei-

nigungsmaschine muss diese noch zusätzlich in die Leittechnik des Kraftwerkes implementiert werden.

### **Alternative 2: Anschaffung einer neuen Rechenreinigungsmaschine**

Als Varianten für die neue Rechenreinigungsmaschine stehen eine Seilrechenreinigungsmaschine und eine hydraulische Rechenreinigungsmaschine als technische Möglichkeiten zur Verfügung.

#### **Alternative 2a: Seilrechenreinigungsmaschine**

Die Seilrechenreinigungsmaschine ist fahrbar und besteht aus

- Fahrgestell mit Maschinen- und Führerhaus
- Rechenputzwinde mit Rechenputzharke und Harkenschwenkvorrichtung
- Rechengutcontainer
- Schwemmzeugrechen
- Dammbalkenhubwinde für Turbineneinlaufdammbalken
- Hydraulischer Ladekran
- Schienen samt Befestigungen

Da beim Manipulieren von Schwemmzeug (Wurzeln, Langgut) mit dem Ladekran Kollisionen mit dem Fahrgestell, dem Führerhaus und sämtlichen Aufbauten wahrscheinlich sind, sind diese so auszuführen, dass Beschädigungen vermieden werden. Das Führerhaus muss so angeordnet sein, dass der Maschinenführer einen möglichst guten Überblick über den Arbeitsbereich (Rechenputzharke, Verfahrweg) hat. Die Verglasung des Führerhauses, die mit Sicherheitsglas auszuführen ist, muss außen zusätzlich mit Stahlgittern geschützt werden. Vom Inneren des Führerhauses aus müssen sämtliche Funktionen der Maschine, inkl. Ladekran, bedient werden können. Der Zugang zum Führerhaus muss ohne Betreten des Maschinenraumes möglich sein. Die Rechenputzwinde, die Dammbalkenhubwinde und die dazugehörenden Aggregate sind im Maschinenraum unterzubringen. Dieser muss vom Führerhaus aus betreten werden können und ist von diesem durch eine Tür zu trennen. Weiteres ist für eine ausreichende Lärmdämmung zwi-

schen Maschinenraum und Führerhaus zu sorgen. Der hydraulische Ladekran wird oberwasserseitig in Wasserlaufrichtung gesehen links an der Rechenreinigungsmaschine angebracht. Die Befestigung des hydraulischen Ladekrans muss für die Befestigung an starren Konsolen ausgelegt werden (mechanische Dämpfung). Das Hubmoment hat zusammen mit der Auslegung der Turbineneinlaufrechenpakete zu erfolgen, da diese mit dem hydraulischen Kran angehoben werden können müssen. Der Kran ist mit einem hydraulischen Endlosrotator und einem hydraulischen 2-Armgreifer auszustatten. Die Fahrbedienung der Rechenreinigungsmaschine muss auch außen vom Schienenniveau aus möglich sein. Die Bedienung des Schwemmzeugrechens und der Dammbalkenhubwinde darf bei Normalbetrieb nur vom Führerhaus aus möglich sein. Die Stromversorgung soll über eine automatisch aufrollende Kabeltrommel erfolgen, die am Fahrgestell montiert wird. Die Stromzuführung erfolgt im Bereich der Parkposition der Rechenreinigungsmaschine. Bei der Auslegung der Fahrtriebe muss der Transport des schwersten Turbineneinlaufdammbalkens mit dem Zangenbalken und einem vollen Rechengutcontainer Berücksichtigung finden. Die Rechenputzwinde ist windenseitig mit einstellbaren Endschaltern für die unterste und oberste Hakenposition und für die Hakenentleerungsposition zu versehen. Weiteres sind alle Seile auf Schlaffseilbildung zu überwachen. Es ist eine Tiefenanzeige für die Rechenputzharke im Führerstand vorzusehen. In der Entleerungsposition muss sich die Putzharke möglichst vollständig in den montierten Rechengutcontainer entleeren. In der Steuerung ist ein Putzzyklus vorzusehen, bei dem die Putzharke automatisch hinunterfährt, eingeschwenkt wird, herauffährt und entleert wird. Es ist ein Überbrückungsschalter (Schlüsselschalter) für anstehende Störungen vorzusehen. Der Rechengutcontainer mit einem Mindestvolumen von 2 m<sup>3</sup> muss nach unten hin entleerbar sein. Das Öffnen und Schließen des Containerbodens muss maschinell möglich sein. Die Dammbalkenhubwinde dient zum Versetzen und Ziehen der Turbineneinlaufdammbalken, bzw. zum Be- und Entladen des Turbineneinlaufdammbalkenlagers. Die Winde ist mit einer Überlast- und Schlaffseilüberwachung, und einer Tiefenanzeige im Führerstand zu versehen. Die Schienen werden so versetzt, dass die Schienenoberkante ebenerdig ist. An der Rechenreinigungsmaschine sind oberwasserseitig 2 Stk. Halogenstrahler mit je 1000 W und rechts und links in Fahrtrichtung je 1 Stk. Halogenstrahler mit 1000 W vorzusehen.

Weiteres muss eine Warnhupe, die von sämtlichen Bedienständen aus betätigt werden kann, angebracht werden.<sup>108</sup>

### **Alternative 2b: Hydraulische Rechenreinigungsmaschine**

Die hydraulische Rechenreinigungsmaschine ist fahrbar und besteht aus:

- Fahrgestell mit Maschinen- und Führerhaus
- hydraulischem Rechenputzausleger mit abnehmbarer Rechenputzharke und Harkendreh- und -schwenkvorrichtung
- Rechengutcontainer
- Dammbalkenhubwinde für Turbineneinlaufdammbalken
- Schienen samt Befestigungen

Da beim Manipulieren von Schwemmzeug (Wurzeln, Langgut) Kollisionen mit dem Fahrgestell, Führerhaus und sämtlichen Aufbauten wahrscheinlich sind, sind diese so auszuführen, dass Beschädigungen vermieden werden.

Das Führerhaus muss so angeordnet sein, dass der Maschinenführer einen möglichst guten Überblick über den Arbeitsbereich (Rechenputzharke, Fahrweg) hat. Die Verglasung des Führerhauses ist mit Sicherheitsglas auszuführen.

Vom Inneren des Führerhauses aus müssen sämtliche Funktionen der Maschine bedient werden können.

Die Putzharke ist als hydraulisch betätigbarer zweiteiliger Greifer auszuführen, sodass bei einseitigem Klemmen von größerem Schwemmgut auf der anderen Harkenseite kleineres Schwemmgut ebenfalls geklemmt wird. Die Putzharke muss über die Querachse schwenkbar und über die Hochachse drehbar sein (mind. +/- 90°). Für die Drehbarkeit über die Hochachse ist ein optimales Referenz-Niveau zwischen Oberwasser-Pegel und Rechengutcontainerniveau vorzusehen. Optimaler Weise sollte die Drehbarkeit für beide Niveaus mit einer lotrechten Drehachse möglich sein (direkt über dem Container und direkt vor der Rechenebene). Die

---

<sup>108</sup> Salzburg AG, Lastenheft Stahlwasserbau, 2013.

Schwenkbarkeit muss so gewählt werden, dass sowohl ein optimales Reinigungsergebnis, als auch ein zuverlässiges Abwerfen des Rechengutes erreicht wird.

Die Stromversorgung soll über eine automatisch aufrollende Kabeltrommel erfolgen, die am Fahrgestell montiert wird. Die Stromzuführung erfolgt im Bereich der Parkposition der Rechenreinigungsmaschine.

Bei der Auslegung der Fahrtriebe muss der Transport des schwersten Turbineneinlaufdammbalkens mit dem Zangenbalken Berücksichtigung finden.

Es ist eine Tiefenanzeige für die Rechenputzharke im Führerstand vorzusehen.

In der Entleerungsposition muss sich die Putzharke möglichst vollständig in den montierten Rechengutcontainer entleeren.

In der Steuerung ist ein Putzzyklus vorzusehen, bei dem die Putzharke automatisch hinunterfährt, eingeschwenkt wird, herauffährt und entleert wird.

Es ist ein Überbrückungsschalter (Schlüsselschalter) für anstehende Störungen vorzusehen.

Das Dammbalkenhubwerk dient zum Versetzen und Ziehen der Turbineneinlaufdammbalken, bzw. zum Be- und Entladen des Turbineneinlaufdammbalkenlagers. Die Montage bzw. Demontage des Hubwerkes muss möglichst leicht machbar sein. Das Hubwerk muss gegen Überlast abgesichert sein. Eine Tiefenkontrolle (ggf. Markierungen am Seil oder an der Kette) muss möglich sein.

An der Rechenreinigungsmaschine sind oberwasserseitig 2 Stk. Halogenstrahler mit je 1000 W und rechts und links in Fahrtrichtung je 1 Stk. Halogenstrahler mit 1000 W vorzusehen.<sup>109</sup>

---

<sup>109</sup> Salzburg AG, Lastenheft Stahlwasserbau, 2013.

### **3.2.2 Datenbeschaffung**

Neben der Ermittlung der Kosten erfolgt in diesem Kapitel die Bestimmung der möglichen Gewinne für die oben angeführten Alternativen.

#### **Ermittlung der Kosten**

Alternative 1:

Die Kosten für den Umbau der Rechenreinigungsmaschine wurden in der Salzburg AG intern geschätzt, da die Umbauarbeiten mit hauseigenen Abteilungen durchgeführt werden. Im ersten Schritt erfolgte eine technische Analyse des Anlagenzustandes zur Bestimmung welche Komponenten im Zuge der Automatisierung ersetzt bzw. umgebaut werden müssen. Der nächste Schritt beinhaltet die Ermittlung der Kosten für die neuen Anlagenkomponenten und die Bestimmung der notwendigen Personalkosten für die Umbauarbeiten. Die Ermittlung der Kosten für die benötigten Komponenten erfolgte durch Preisanfragen bei den unterschiedlichen Herstellern. Für die Kostenkalkulation wurden die günstigsten Angebote verwendet. Der Personalaufwand ist für die notwendigen Demontage- und Montagearbeiten mit den zuständigen Fachabteilungen bestimmt worden. Die Kosten für den Umbau der bestehenden Rechenreinigungsmaschine belaufen sich auf rund 168.000 Euro. Die genaue Aufstellung der einzelnen Positionen mit den dazugehörigen Kosten ist im Anhang Teil 2 (Seite A-12) ersichtlich.

Alternative 2:

Für die Bestimmung der Kosten für eine neue Rechenreinigungsmaschine wurden unverbindliche Preisanfragen an verschiedene Hersteller versendet. Um eine gute Vergleichbarkeit der Angebote zu erhalten wurde für diese Preisanfragen technische Spezifikationen der beiden Varianten erstellt. Diese Spezifikationen beinhalten neben einer technischen Beschreibung der Maschine die konstruktiven Anforderungen des Anlagenbetreibers. Nach einer Angebotsfrist erfolgte die Auswahl eines geeigneten Herstellers. Die Kosten für eine neue Rechenreinigungsmaschine sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

**Tabelle 7: Kostenvergleich neue Rechenreinigungsmaschine**

<b>Variante</b>	<b>Kosten</b>
Variante a)  Seilrechenreinigungsmaschine	695.000,- Euro
Variante b)  hydraulische Rechenreinigungsmaschine	825.000,- Euro

### **Kosten für Instandhaltung**

Die Kosten für die Instandhaltung werden für die Varianten anhand der Betriebserfahrungen mit bestehenden Anlagen ermittelt. Die Ermittlung der Kosten erfolgte aus den Kostenstellenberichten der jeweiligen Anlage. Im Kostenstellenbericht kann die Auswertung der Stundenanzahl sowie der angefallenen Kosten auf Monats- oder Jahresebene erfolgen. Für die Auswertung der gebuchten Stunden wurde der Zeitraum von 2008 bis 2012 betrachtet. Die Eingrenzung des Zeitraumes erfolgte aufgrund der Inbetriebnahme einer Vergleichsanlage in 2007. Die Kosten für Instandhaltung der Rechenreinigungsmaschine sind für die einzelnen Varianten in der folgenden Tabelle dargestellt.

**Tabelle 8: Instandhaltungskosten**

<b>IH-Kosten [Euro]</b>	<b>2012</b>	<b>2011</b>	<b>2010</b>	<b>2009</b>	<b>2008</b>	<b>Mittelwert</b>
KW Gamp	4.255	3.039	4.201	2.495	3.089	3.146
KW Sohlstufe Hallein	23.468	15.954	11.508	14.085	6.583	14.320
KW Urstein	11.767	4.618	11.293	6.822	10.225	8.945



Da es sich bei der Variante 1 lediglich um einen Umbau der bestehenden Anlage handelt und die wesentlichen Bauteile unverändert bleiben werden die durchschnittlichen Instandhaltungskosten der Rechenreinigungsanlage vorangeschrieben. Bei den Varianten 2a und 2b handelt es sich um Neuanlagen, daher werden die Kosten für die jährlichen Instandhaltungskosten auf die durchschnittlichen Instandhaltungskosten des Kraftwerkes Gamp geschätzt.

**Tabelle 9: jährliche Instandhaltungskosten**

<b>Variante</b>	<b>Jährliche Instandhaltungskosten</b>
Variante 1	8.950 Euro
Variante 2a	3.500 Euro
Variante 2b	3.500 Euro

### **Kosten für den Betrieb**

Die Kosten für den Betrieb der Rechenreinigungsmaschine beinhalten den Stundenaufwand des Bedienpersonals für das Räumen des Rechens. Die Kosten werden für die Varianten anhand der Betriebserfahrungen und der gebuchten Stunden der bestehenden Anlagen ermittelt. Für die Auswertung der gebuchten Stunden wurde der Zeitraum von 2008 bis 2012 betrachtet. Die Eingrenzung des Zeitraumes erfolgte aufgrund der Inbetriebnahme einer Vergleichsanlage in 2007. Die Basis für den Vergleich des angefallenen Rechengutes und der angefallenen Kosten für das Rechenräumen bilden die Kostenstellenberichte der jeweiligen Anlage. Die Werte in Tabelle 5 werden durch die angefallenen Kosten in Tabelle 10 dividiert, wodurch man die Personalkosten für die Räumung einer Tonne Schwemmgut erhält.

**Tabelle 10: Vergleich Kosten Rechenräumen**

<b>Rechenräumen [Euro]</b>	<b>2012</b>	<b>2011</b>	<b>2010</b>	<b>2009</b>	<b>2008</b>	<b>Mittelwert</b>
KW Gamp	23.555	9.378	9.935	13.485	15.336	14.338
KW Sohlstufe Hallein	23.818	24.598	13.981	16.016	22.115	20.106
KW Urstein	26.407	23.808	18.689	17.639	23.147	21.938

Die nachstehende Tabelle zeigt die Auswertung der einzelnen Kostenstellenberichte:

**Tabelle 11: Personalkosten pro Tonne Schwemmgut**

<b>Personalkosten für die Räumung einer Tonne Schwemmgut</b>	<b>[Euro/Tonne]</b>
KW Gamp	95
KW Sohlstufe Hallein	248
KW Urstein	285

Für die weitere Berechnung der Personalkosten für die Variante 2a und 2b wird der Wert von 95 Euro/Tonne vom Kraftwerk Gamp verwendet. Das Kraftwerk Gamp wurde ausgewählt, da es sich bei dieser Rechenreinigungsanlage um eine Neuanlage mit hydraulischem Rechen handelt und somit mit den geplanten Varianten 2a und 2b vergleichbar ist. Die 95 Euro/Tonne wird nun mit der tatsächlichen Schwemmgutmenge des Kraftwerkes Urstein multipliziert wodurch die Personalkosten der Varianten 2a und 2b bestimmt werden. Für die Berechnung der Personalkosten in der Variante 1 werden die 245 Euro/Tonne vom Kraftwerk Sohlstufe Hallein verwendet. Dieser Wert bildet die realistischen Personalkosten für die umgebaute Rechenreinigungsanlage plausibel ab, da der Schwemmgutcontainer der bestehen Rechenreinigungsmaschine nicht verändert wird und dieser lediglich ein Fassungsvermögen von rund 7 m<sup>3</sup> hat. Durch dieses geringe Fassungsvermö-

gen muss der Container öfter gewechselt werden, dadurch sind höhere Personalstunden bedingt. Im Gegensatz hat der Schwemmgutcontainer für die Variante 2a und 2b ein Fassungsvermögen von rund 30 m³.

**Tabelle 12: jährliche Personalkosten**

<b>Variante</b>	<b>Jährliche Personalkosten</b>
Variante 1	18.865 Euro
Variante 2a	7.315 Euro
Variante 2b	7.315 Euro

### **Ermittlung des Gewinns**

Das Prinzip einer automatischen Rechenreinigungsmaschine sieht vor, dass durch ihren Einsatz Personalstunden und somit die Personalkosten reduziert werden.

Die bestehende Rechenreinigungsmaschine mit den benötigten Stunden für die Rechenräumung und die laufenden Instandhaltungskosten bildet die Ausgangsbasis für die Bestimmung des Gewinns. Die in den Tabellen 9 und 11 berechneten Kosten für die jeweilige Variante werden von den Kosten der bestehenden Anlage abgezogen, die entstandene Differenz bildet den Gewinn.

## Gewinn bei Instandhaltung

Für die Bestimmung des Gewinnes bei der Instandhaltung wird die Differenz aus den jährlichen Instandhaltungskosten in der Tabelle 9 mit den Instandhaltungskosten des Kraftwerkes Urstein in der Tabelle 8 gebildet. Die Tabelle 13 stellt den jährlichen Gewinn bei der Instandhaltung der Rechenreinigungsmaschine dar:

**Tabelle 13: Jährlicher Gewinn bei Instandhaltung**

<b>Variante</b>	<b>Jährlicher Gewinn Instandhaltung</b>
Variante 1	0 Euro
Variante 2a	5.445 Euro
Variante 2b	5.445 Euro

## Gewinn bei Betrieb

Für die Bestimmung des Gewinns bei Betrieb wird die Differenz der Tabelle 10 mit den Kosten des Kraftwerkes Urstein in der Tabelle 12 gebildet. Der jährliche Gewinn durch den Betrieb ist in der folgenden Tabelle für die jeweilige Variante dargestellt.

**Tabelle 14: Jährlicher Gewinn Betrieb**

<b>Variante</b>	<b>Jährlicher Gewinn Betrieb</b>
Variante 1	3.073 Euro
Variante 2a	14.223 Euro
Variante 2b	14.223 Euro

Der jährliche Gewinn wird durch summieren der einzelnen Teilgewinne bestimmt und ist in der nachstehenden Tabelle dargestellt.

**Tabelle 15: Summe jährlicher Gewinn**

<b>Variante</b>	<b>Jährlicher Gewinn</b>
Variante 1	3.073 Euro
Variante 2a	19.668 Euro
Variante 2b	19.668 Euro

### **Kalkulationszinssatz**

Das für eine Investition eingesetzte Eigen- und Fremdkapital könnte vom Unternehmen auf dem Kapitalmarkt eingesetzt werden und dort Zinsen erzielen. Der Kalkulationszinssatz oder die kalkulatorischen Zinsen beschreiben den Nutzenentgang von alternativen Einsatzmöglichkeiten (Investitionen) zu den am Kapitalmarkt erzielbaren Zinsen. Stelling beschreibt zwei Berechnungsmethoden zur Bestimmung des Kalkulationszinssatzes, die Restwertverzinsung und die Durchschnittswertverzinsung. Bei der Restwertverzinsung nehmen die kalkulatorischen Zinsen im Laufe der Zeit ab, da sie sich auf die Restbuchwerte in den Perioden beziehen. Für die Berechnung der kalkulatorischen Zinsen mit Hilfe der Durchschnittswertverzinsung wird der Ausgangswert während der Nutzungsdauer nicht verändert. Dies gewährleistet, dass die kalkulatorischen Zinsen in den einzelnen Perioden gleich bleiben.<sup>110</sup>

In der Praxis wird für die Bestimmung des Kalkulationszinssatzes die Durchschnittswertverzinsung verwendet.

---

<sup>110</sup> Vgl. Stelling (2009), S. 28f.

$$i_{kalk} = \frac{a_0 - RW}{2} * i$$

$i_{kalk}$	Kalkulationszinssatz	[Euro/Periode]
$a_0$	Anschaffungswert	[Euro]
RW	Restwert	[Euro]
$i$	Zinssatz	[-]

Der Zinssatz ist in der Salzburg AG für Investitionen im Stahl-Wasserbaubereich (z.B. Rechenreinigungsmaschine) mit 6% festgelegt. Die Berechnung der kalkulatorischen Abschreibung für die Varianten ist im Anhang Teil 3 (Seite A-13ff) ersichtlich. Folgende Werte wurden ermittelt:

**Tabelle 16: Zusammenfassung jährliche Zinsen**

Variante	jährliche Zinsen
Variante 1	5.040 Euro
Variante 2a	20.850 Euro
Variante 2b	41.250 Euro

### **Kalkulatorische Abschreibung**

Für die Kostenkalkulation muss auch die kalkulatorische Abschreibung mit einbezogen werden. Nach Stelling dient die kalkulatorische Abschreibung dem Zweck zur Ermittlung „(...) des verursachungsgerechten Werteverzehrs mit dem Ziel der Substanzerhaltung des Unternehmens.“<sup>111</sup> Die kalkulatorische Abschreibung muss nicht mit der bilanziellen Abschreibung in der Buchhaltung übereinstimmen. Unterschieden werden der Ausgangswert, die Nutzungsdauer und die Methode der Ab-

---

<sup>111</sup> Vgl. Stelling (2009), S. 26.

schreibung.<sup>112</sup> Die in der Kosten-und Leistungsverrechnung am häufigsten verwendete Abschreibung ist die lineare Abschreibung. Durch die Division des Anschaffungswertes durch die Nutzungsdauer erhält man gleichbleibende Abschreibungsbeträge. Der Restwert am Ende der Nutzungsdauer ist vom Anschaffungswert abzuziehen.<sup>113</sup> Für die Bestimmung der kalkulatorischen Abschreibung wird folgende Formel verwendet:

$$Afa = \frac{a_0 - RW}{n}$$

Afa	Abschreibung	[Euro/Periode]
a <sub>0</sub>	Anschaffungswert	[Euro]
RW	Restwert	[Euro]
n	Nutzungsdauer	[Perioden]

In der Salzburg AG werden Investitionen im Stahl-Wasserbau (z.B. Rechenreinigungsmaschinen) mit einer Nutzungsdauer von 20 Jahren bewertet. Die Berechnung der kalkulatorischen Abschreibung für die Varianten ist im Angang Teil 3 (Seite A-13ff) ersichtlich. Folgende Werte wurden ermittelt:

**Tabelle 17: Zusammenfassung jährliche Abschreibung**

<b>Variante</b>	<b>jährliche Abschreibung</b>
Variante 1	8.400 Euro
Variante 2a	34.750 Euro
Variante 2b	41.250 Euro

---

<sup>112</sup> Vgl. Stelling (2009), S. 26.

<sup>113</sup> Vgl. Stelling (2009), S. 27.

### 3.2.3 Zusammenstellung der betriebswirtschaftlichen Daten

Im Folgenden werden die zuvor ermittelten Daten in einer Tabelle übersichtlich dargestellt.

**Tabelle 18: Zusammenstellung der betriebswirtschaftlichen Daten**

<b>Position</b>	<b>Einheit</b>	<b>Variante 1</b>	<b>Variante 2a</b>	<b>Variante 2b</b>
Anschaffungskosten	Euro	168.000	695.000	825.000
Nutzungsdauer	Jahre	20	20	20
Kalkulationszinssatz	%	6	6	6
Abschreibung	Euro/ Jahr	8.400	34.750	41.250
Zinsen	Euro/ Jahr	5.040	20.850	24.750
Instandhaltungskosten	Euro/ Jahr	8.950	3.500	3.500
Personalkosten	Euro/ Jahr	18.865	7.315	7.315
Gesamte Kosten	Euro/ Jahr	41.255	66.415	76.815
Gewinn	Euro/ Jahr	3.073	19.668	19.668



### 3.3 Wirtschaftliche Betrachtung mit Hilfe der Investitionsrechenverfahren

In diesem Kapitel wird für die einzelnen Handlungsalternativen mit Hilfe der statischen und dynamischen Investitionsrechenverfahren eine wirtschaftliche Betrachtung durchgeführt.

#### 3.3.1 Statische Investitionsrechenverfahren

Die Berechnungen wurden mit den in Kapitel 2.1.5 angeführten Formeln durchgeführt. Zur Vereinfachung und zur besseren Übersicht werden in der nachfolgenden Tabelle nur die Ergebnisse der Rechenverfahren angeführt. Die detaillierte Berechnung der einzelnen Handlungsalternativen ist im Anhang Teil 3 (Seite A-13ff) ersichtlich.

**Tabelle 19: Ergebnisse statische Investitionsrechenverfahren**

Rechenverfahren	Einheit	Variante 1	Variante 2a	Variante 2b
Kostenvergleichsrechnung	Euro	41.255	66.415	76.815
Gewinnvergleichsrechnung	Euro	3.073	19.668	19.668
Rentabilitätsvergleichsrechnung		1,83	2,83	2,38
Amortisationszeitrechnung	Jahre	14,64	12,77	13,54

### 3.3.2 Dynamische Investitionsrechenverfahren

Die Berechnungen für die wirtschaftliche Betrachtung mit Hilfe der dynamischen Investitionsrechenverfahren wurden mit den in Kapitel 2.1.6 angeführten Formeln durchgeführt. Zur Vereinfachung und zur besseren Übersicht werden auch hier in der nachfolgenden Tabelle nur die Ergebnisse der Rechenverfahren angeführt. Die detaillierte Berechnung der einzelnen Handlungsalternativen ist im Anhang Teil 3 (Seite A-13ff) ersichtlich.

**Tabelle 20: Ergebnisse dynamische Investitionsrechenverfahren**

<b>Rechenverfahren</b>	<b>Einheit</b>	<b>Variante 1</b>	<b>Variante 2a</b>	<b>Variante 2b</b>
Kapitalbarwertmethode bei begrenzter Laufzeit	Euro	-132.752,93	-469.409,59	-599.409,59
Kapitalbarwertmethode bei unbegrenzter Laufzeit	Euro	-116.783,33	-367.200,00	-497.200,00
Annuitätenmethode	Euro	-10.181,70	-32.014,17	-43.348,16
Interne Zinsfußmethode	%	2	3	2

### 3.3.3 Zusammenstellung der Ergebnisse

Die folgende Tabelle gibt eine Übersicht über die ermittelten Ergebnisse.

**Tabelle 21: Zusammenfassung der Ergebnisse**

<b>Rechenverfahren</b>	<b>Einheit</b>	<b>Variante 1</b>	<b>Variante 2a</b>	<b>Variante 2b</b>
Kostenvergleichsrechnung	Euro	41.255	66.415	76.815
Gewinnvergleichsrechnung	Euro	3.073	19.668	19.668
Rentabilitätsvergleichsrechnung		1,83	2,83	2,38
Amortisationszeitrechnung	Jahre	14,64	12,77	13,54
Kapitalbarwertmethode bei begrenzter Laufzeit	Euro	-132.752,93	-469.409,59	-599.409,59
Kapitalbarwertmethode bei unbegrenzter Laufzeit	Euro	-116.783,33	-367.200,00	-497.200,00
Annuitätenmethode	Euro	-10.181,70	-32.014,17	-43.348,16
Interne Zinsfußmethode	%	2	3	2

### 3.4 Entscheidung

Im Kapitel 3.4 werden die mit Hilfe der statischen und dynamischen Investitionsrechenverfahren ermittelten Ergebnisse für die einzelnen Varianten analysiert und mit Hilfe der in Tabelle 1 und 2 angeführten Entscheidungsregeln betrachtet. Über eine Nutzwertanalyse soll im Kapitel 3.4.2 eine Auswahl der am besten geeigneten Alternative erfolgen.

#### 3.4.1 Analyse der Ergebnisse

Tabelle 22: Analyse der Investitionsrechnung

Rechenverfahren	Entscheidungsregel	Gewählte Variante
Kostenvergleichsrechnung	Es ist die Investitionsalternative mit den geringsten Gesamtkosten bzw. Kosten pro Stück zu wählen.	1
Gewinnvergleichsrechnung	Die Investition mit dem größten Gewinn ist zu wählen.	2a oder 2b
Rentabilitätsvergleichsrechnung	Es ist die Investitionsalternative zu wählen, bei der die Rendite am größten ist.	2a
Amortisationszeitrechnung	Die Investition mit der geringsten Amortisationszeit ist zu wählen.	2a
Kapitalbarwertmethode bei begrenzter Laufzeit	Es ist die Investition zu wählen, bei der der Kapitalwert am größten ist.	1

Kapitalbarwert- methode bei unbe- grenzter Laufzeit	Es ist die Investition zu wählen, bei der der Kapitalwert am größten ist.	1
Annuitätenmethode	Die Investition mit der größten Annui- tät ist zu wählen.	1
Interne Zinsfuß- methode	Die Investition ist sinnvoll, wenn der berechnete Zinsfuß kleiner ist als der Kalkulationszinsfuß.	1,2a oder 2b

### 3.4.2 Auswahl der geeigneten Alternative

Die Auswahl der geeigneten Alternative erfolgt über die Nutzwertanalyse. Die Nutzwertanalyse für das Investitionsvorhaben „Erneuerung der Rechenreinigungsmaschine im Kraftwerk Urstein“ wird im Anhang Teil 4 (Seite A-22) durchgeführt. Die nachfolgenden Tabellen zeigen die Ergebnisse. Die Nutzwertanalyse wurde mit den im Kapitel 2.1 beschriebenen Regeln für Entscheidungen unter Sicherheit, Unsicherheit und Risiko durchgeführt. Zur Vereinfachung werden nur einige Entscheidungsregeln umgesetzt. Für die Berechnung wurden die Ziele auf die Anschaffungskosten, die Instandhaltungs- und Betriebskosten und den Gewinn beschränkt. Im ersten Schritt wurden die Ziele in eine Ergebnismatrix gefasst. Die Ergebnismatrix ist in folgender Tabelle dargestellt. Für die Ermittlung der Instandhaltungs- und Betriebskosten wurden die Beträge der jeweiligen Variante aus Tabelle 9 und Tabelle 12 summiert.

**Tabelle 23: Ergebnismatrix**

<b>Variante</b>	<b>Anschaffungskosten [Euro]</b>	<b>Instandhaltungs- und Betriebskosten [Euro]</b>	<b>Gewinn [Euro]</b>
V1	168.000	27.815	3.073
V2a	695.000	10.815	19.668
V2b	825.000	10.815	19.668

Im darauf folgenden Schritt wurde die Ergebnismatrix in eine Entscheidungsmatrix umgewandelt. Hierfür wurde dem jeweils optimalen Ziel je Spalte der Wert 10 (=100%) zugeordnet, alle anderen wurden im proportionalen Verhältnis gewichtet. Die Entscheidungsmatrix ist in folgender Tabelle dargestellt.

**Tabelle 24: Entscheidungsmatrix**

<b>Variante</b>	<b>Anschaffungskosten</b>	<b>Instandhaltungs- und Betriebskosten</b>	<b>Gewinn</b>
V1	10,00	3,89	1,56
V2a	2,42	10,00	10,00
V2b	2,04	10,00	10,00

Mit Hilfe der Nutzwertanalyse wurde eine Rangfolge der Varianten für die Entscheidung unter Sicherheit, Unsicherheit und Risiko gebildet.

## Entscheidung unter Sicherheit

In der folgenden Tabelle wurde die Rangfolge mit Hilfe der Zielgewichtung bestimmt. Die einzelnen Gewichte wurden so festgelegt, dass die Summe 1 (= 100%) ergibt. Anschaffungskosten = 0,3, Instandhaltungs- und Betriebskosten = 0,3 und Gewinn = 0,4. Die Werte aus Tabelle 24 wurden mit den einzelnen Gewichten multipliziert und die Zeilensumme gebildet. Der höchste Summenwert ist die beste Alternative.

Tabelle 25: Zielgewichtung

Variante	An-schaffungs-kosten	Instandhaltungs- und Betriebs-kosten	Gewinn	Summe
V1	3,00	1,17	0,62	4,79
V2a	0,73	3,00	4,00	<b>7,73</b>
V2b	0,61	3,00	4,00	7,61

Die am besten geeignete Variante ist mit der Zielgewichtung die Variante 2a.

Tabelle 26: Wald-Regel

Variante	An-schaffungs-kosten	Instandhaltungs- und Betriebs-kosten	Gewinn	Zielen Minimum
V1	10,00	3,89	1,56	1,56
V2a	2,42	10,00	10,00	<b>2,42</b>
V2b	2,04	10,00	10,00	2,04

Unter Anwendung der in Kapitel 2.1 beschriebenen Wald-Regel ist die beste Alternative die Variante 2a.

## Entscheidung unter Unsicherheit

Tabelle 27: Maximax-Regel

Variante	Anschaffungskosten	Instandhaltungs- und Betriebskosten	Gewinn	Zeilen Maximum
V1	10,00	3,89	1,56	<b>10,00</b>
V2a	2,42	10,00	10,00	<b>10,00</b>
V2b	2,04	10,00	10,00	<b>10,00</b>

Die Maximax-Regel liefert kein eindeutiges Ergebnis, da jeweils das Zeilenmaximum als Entscheidungsgrundlage verwendet wird.

Die folgende Tabelle zeigt die Anwendung der Hurwicz-Regel. Für die Berechnung wurde ein  $\lambda$ -Wert von 0,7 (leicht risikofreudig) angenommen. Der Nutzenwert wurde mit folgender Formel gebildet (Nutzenwert =  $\lambda * \text{Maximum} + (1 - \lambda) * \text{Minimum}$ ).



Tabelle 28: Hurwicz-Regel

Variante	An-schaffungs-kosten	Instandhaltungs- und Betriebs-kosten	Gewinn	Nutzenwert
V1	10,00	3,89	1,56	7,47
V2a	2,42	10,00	10,00	<b>7,73</b>
V2b	2,04	10,00	10,00	7,61

Die Hurwicz-Regel weist Variante 2a als beste Alternative aus.

Tabelle 29: Savage-Niehans-Regel

Variante	An-schaffungs-kosten	Instandhaltungs- und Betriebs-kosten	Gewinn	Zeilen Maximum
V1	0,00	6,10	8,20	8,20
V2a	7,60	0,00	0,00	<b>7,60</b>
V2b	8,00	0,00	0,00	8,00
Maximum	10	10	10	

Die beste Alternative für die Savage-Niehans-Regel ist die Variante 2a.

## Entscheidung unter Risiko

In der folgenden Tabelle wurde die Rangfolge mit Hilfe der  $\mu$ -Regel bestimmt. Die einzelnen Gewichte wurden so festgelegt, dass die Summe 1 (= 100%) ergibt. Anschaffungskosten= 0,2, Instandhaltungs- und Betriebskosten= 0,2 und Gewinn=0,6. Die Werte aus Tabelle 24 wurden mit den einzelnen Gewichten multipliziert und die Zeilensumme gebildet. Der höchste Summenwert ist die beste Alternative.

Tabelle 30:  $\mu$ -Regel

Variante	Anschaffungskosten	Instandhaltungs- und Betriebskosten	Gewinn	Zeilen Maximum
V1	2,00	0,78	0,78	3,56
V2a	0,48	2,00	5,00	<b>7,48</b>
V2b	0,41	2,00	5,00	7,41

Die am besten geeignete Variante ist mit der  $\mu$ -Regel die Variante 2a.

## 4 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden die Investitionsrechenverfahren sowie die Entscheidungsfindung mit Hilfe der Nutzwertanalyse anhand des Praxisbeispiels „Erneuerung der Rechenreinigungsmaschine im Kraftwerk Urstein“ dargestellt.

### 4.1 Ergebnis

Auf Grund der hohen Kosten für die Betriebsführung der Kraftwerksanlage wurden in dieser Arbeit unterschiedliche Handlungsalternativen (Umbau oder Neuerrichtung der Rechenreinigungsmaschine) betrachtet und ein mögliches Einsparungspotential untersucht.

Mit Hilfe der Investitionsrechenverfahren wurden die Grundlagen für die Beurteilung der unterschiedlichen Handlungsalternativen für das Unternehmen geschaffen. Unter Verwendung der statischen und der dynamischen Investitionsrechenverfahren wurden die Alternativen einzeln dargestellt und anschließend einer kritischen Betrachtung unterzogen. Anhand der Nutzwertanalyse wurde eine Entscheidungsfindung jeweils unter Sicherheit, Unsicherheit und Risiko durchgeführt.

Die in Kapitel 3 aufgeführten Ergebnisse stellen auf Grund ihrer finanziellen Aussagekraft eine gute Entscheidungsmöglichkeit für die Unternehmensführung dar. Durch die Investitionsrechenverfahren lässt sich aufgrund der hohen Investitionskosten und des durchaus spärlichen Gewinnes keine eindeutige Aussage für die am besten geeignete Variante treffen. Die statischen Investitionsrechenverfahren präferieren die Variante 2a, während hingegen in den dynamischen Investitionsrechenverfahren die Variante 1 bevorzugt wird. Hierzu muss noch angemerkt werden, dass alle drei Varianten einen negativen Kapitalbarwert ausweisen und daher für einen Investor als nicht vorteilhaft gelten. Die durchgeführten Nutzwertanalysen liefern für die Entscheidung ein eindeutiges Ergebnis, in allen betrachteten Entscheidungsregeln wurde die Variante 2a als die am besten geeignete Alternative ermittelt. Die Variante 2a bietet dem Unternehmen ein mögliches Einsparungspo-

tential von 19.668 Euro. Das eingesetzte Kapital von rund 695.000 Euro ist nach ca. 13 Jahren verdient.

## **4.2 Maßnahmen**

Die Berechnungen haben ein mögliches Einsparungsziel der Betriebskosten in allen Varianten gezeigt. Das höchste Einsparungspotential bieten die Varianten 2a und 2b. Da Variante 1 liefert aufgrund des begrenzten Fassungsvermögens des Schwemmgutcontainers nur ein geringes Einsparungspotential.

Aufgrund der Ergebnisse dieser Arbeit wird die Erneuerung der Rechenreinigungsmaschine in die Mittelfristplanung des Unternehmens aufgenommen, die Umsetzung soll in 2016 erfolgen. Als nächster Schritt erfolgt nun die Ausarbeitung der Ausschreibungsunterlagen für den Neubau der Rechenreinigungsmaschine.

## **4.3 Konsequenzen**

Die Investitionsentscheidungsrechnung gibt Unternehmen die Möglichkeit die geplante Investition hinsichtlich Kosten, Gewinn, Amortisationszeit und Rentabilität zu betrachten und zu vergleichen. Die Umsetzung anhand des Praxisbeispiels zeigte jedoch, dass die Investitionsentscheidungsrechnung allein keine eindeutige Präferenz für eine Handlungsalternative aufzeigt und dadurch Entscheidungen oftmals erschwert werden.

Die Nutzwertanalyse liefert hierfür eine gute Ergänzung. Die Nutzwertanalyse zeigt Unternehmen und Investoren durch die Gewichtung einzelner Nutzen bzw. durch die Betrachtung der Risikofreude des Investors Präferenzen einzelner Handlungsmöglichkeiten auf. Zusätzlich bietet die Nutzwertanalyse noch die Möglichkeit auch z.B. technische Aspekte einer Anlage zu berücksichtigen.

Die Arbeit zeigt, dass für die Entscheidungsfindung in der Praxis mehr als eine Entscheidungshilfe angewendet werden soll. Risiken oder Fehleinschätzungen lassen sich da durchreduzieren und führen dazu, dass die Ziele einer Investition oder die Unternehmensziele erreicht werden können.

# Literatur

H. P. Becker (2012), Becker, Hans Paul: Investition und Finanzierung, Grundlagen der betrieblichen Finanzwirtschaft, 5., überarbeitete und erweiterte Auflage, Gabler Verlag, Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2012.

Berde (2004) Berde: Betriebswirtschaftslehre, 8., Auflage, Oldenburg Wissenschaftsverlag GmbH, München 2004.

U. Gonschorrek, W. Hoffmeister (2007) Gonschorrek, Ulrich; Hoffmeister, Wolfgang (Hrsg.): Ganzheitliches Management, Planungs- und Entscheidungsprozesse, 1., Auflage, Berliner Wissenschafts-Verlag, 2007.

Finanzinvestition, Wirtschaftslexikon24:  
<http://www.wirtschaftslexikon24.com/d/finanzinvestition/finanzinvestition.htm>, abgerufen am 02.01.2013, 14:40 Uhr.

Götze (2008) Götze: Investitionsrechnung, Modelle und Analysen zur Beurteilung von Investitionsvorhaben, 6., Auflage, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008.

H. Jung (2007) Jung, Hans: Controlling, 2., Auflage, Oldenburg Wissenschaftsverlags GmbH, München 2007.

Heinen (1991) Edmund Heinen: Industriebetriebslehre, Entscheidungen im Industriebetrieb, 9., vollständig neu bearbeitete und erweiterte Auflage, Betriebswirtschaftlicher Verlag Dr. T. Gabler GmbH, Wiesbaden 1991

Kapitalwiedergewinnungsfaktor, Wirtschaftslexikon24:  
<http://www.wirtschaftslexikon24.com/d/kapitalwiedergewinnungsfaktor-kwf/kapitalwiedergewinnungsfaktor-kwf.htm>, abgerufen am 15.01.2013, 07:48 Uhr.

- H. Kußmaul (2008) Kußmaul, Heinz: Betriebswirtschaft für Existenzgründer, Grundlagen mit Fallbeispielen und Fragen der Existenzgründerpraxis, 6., Auflage, Oldenburg Wissenschaftsverlag GmbH, München 2008.
- Laux, Grillenkirch, Schenk-Mathes (2012) Laux, Grillenbach, Schenk-Mathes: Entscheidungstheorie, 8., Auflage, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012.
- Olfert (2001) Olfert, Klaus (Hrsg.): Investition, 8., Auflage, Friedrich Kiel Verlag GmbH, Ludwigshafen 2001.
- U. Pape (2011) Pape, Ulrich: Grundlagen der Finanzierung, Mit Fallbeispielen und Übungen, 2., Auflage, Oldenburg Wissenschaftsverlag GmbH, München 2011.
- Preißler (2008) Preißler, Peter R.: Betriebswirtschaftliche Kennzahlen, Formeln, Aussagekraft, Sollwerte, Ermittlungsintervalle, 1., Auflage, Oldenburg Wissenschaftsverlag, München 2008.
- Salzburg AG Salzburg AG für Energie, Verkehr und Telekommunikation, Geschäftsbericht 2013
- Salzburg AG Salzburg AG für Energie, Verkehr und Telekommunikation, Lastenheft Stahlwasserbau

- H. Schäfer  
(2005)      Schäfer, Henry: Unternehmensinvestitionen, Grundzüge in Theorie und Management, 2., überarbeitete Auflage, Physica-Verlag Heidelberg 2005.
- Stelling  
(2009)      Stelling, Johannes N.: Kostenmanagement und Controlling, 3., unveränderte Auflage, Oldenburg Wissenschaftsverlag GmbH, München 2009.
- Urbatsch, René-Claude: Investitionsentscheidungsrechnung, Vorlesungsunterlagen Stand 2011
- D. Wahl  
(2003)      Wahl, Detlef: Vermögensmanagement, Rechnerische Grundlagen mit Beispielen in Excel, 1., Auflage, Oldenburg Wissenschaftsverlag GmbH, Oldenburg 2003.
- Warnecke/  
Bullinger/  
Hichert/  
Voegelé  
(2003)      Warnecke/ Bullinge/ Hichert/ Voegelé: Wirtschaftlichkeitsrechnung für Ingenieure, 3., überarbeitete Auflage, Carl Hanser Verlag München Wien, München 2003.
- Wasserkraft-  
anlagen      Jürgen Giesecke, Emil Mosonyi: Wasserkraftanlagen; Planung, Bau und Betrieb; 5., aktualisierte und erweiterte Auflage, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2009
- Wöhe  
(2010)      Wöhe, Günter: Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 24., überarbeitete und aktualisierte Auflage, Verlag Franz Vahlen GmbH, München 2010.

# Anlagen

Teil 1: Technische Daten.....	A-1
Teil 2: Berechnungen.....	A-9
Teil 3: Investitionsentscheidungsrechnung.....	A-13
Teil 4: Berechnung Nutzwertanalyse.....	A-22



# Anlagen, Teil 1: Technische Daten

## Technische Daten KW Urstein:

Kraftwerkstyp:	Laufkraftwerk
Engpassleistung:	25.500 kW
Regelarbeitsvermögen:	120.000 MWh
Gewässer:	Salzach, Königsseeache
Einzugsgebiet	4.383 km <sup>2</sup>
Ausbauwassermenge:	250 m <sup>3</sup> /s
Fallhöhe:	11,15 m
Turbine:	2 Kaplan Rohrturbinen mit 15° geneigter Welle
Bauzeit:	1968- 1971

Die Errichtung des Kraftwerkes Urstein war in Österreich erstmalig, denn im Vordergrund des Projektes stand nicht die Energiegewinnung sondern die Stabilisierung der Flusssohle. Anfang November 1968 starteten die Bauarbeiten am Hauptbauwerk. Im ersten Bauabschnitt errichtete man die beiden linksufrigen Wehrfelder im zweiten Bauabschnitt folgte das dritte Wehrfeld und das Krafthaus. Im Oktober 1970 konnte mit der Montage der elektrischen und maschinellen Anlagenteile begonnen werden. Nach rund zweieinhalbjähriger Bauzeit konnten die Maschinen im Frühjahr 1971 in Betrieb genommen werden. Durch den Aufstau der Salzach konnte zusätzlich die Austrocknung des angrenzenden Auwaldes verhindert werden. Gleichzeitig entstand ein neuer Übergang über die Salzach für Fußgänger und Radfahrer.

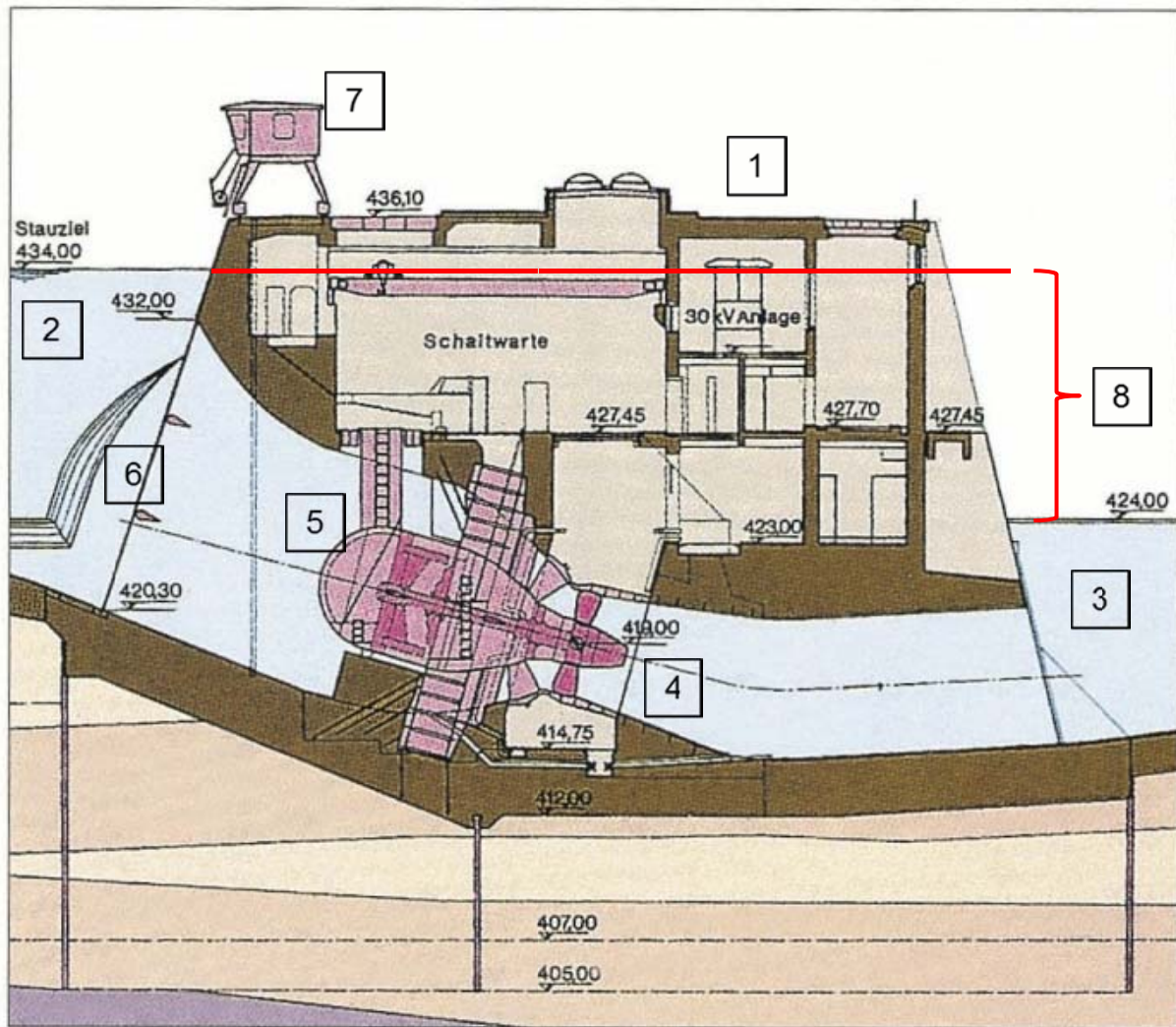


Abbildung 4: Schnitt Krafthaus KW Urstein

1. Krafthaus
2. Oberwasserbereich
3. Unterwasser
4. Turbine
5. Generator
6. Einlaufrechen
7. Rechenreinigungsmaschine
8. Fallhöhe

### Technische Daten KW Gamp:

Kraftwerkstyp:	Laufkraftwerk
Engpassleistung:	8.580 kW
Regelarbeitsvermögen:	53.380 MWh
Gewässer:	Salzach
Einzugsgebiet	3.682 km <sup>2</sup>
Ausbauwassermenge:	175 m <sup>3</sup> /s
Fallhöhe:	6,22 m
Turbine:	2 Kaplan PIT-Turbinen mit horizontaler Welle
Bauzeit:	2005-2007



Abbildung 5: Foto Kraftwerk Gamp

## Technische Daten KW Sohlstufe Hallein:

Kraftwerkstyp:	Laufkraftwerk
Engpassleistung:	11.700 kW
Regelarbeitsvermögen:	61.000 MWh
Gewässer:	Salzach
Einzugsgebiet	3.945 km <sup>2</sup>
Ausbauwassermenge:	220 m <sup>3</sup> /s
Fallhöhe:	6,16 m
Turbine:	2 Kaplan Rohrturbinen mit horizontaler Welle
Bauzeit:	1985- 1987



Abbildung 6: Foto Kraftwerk Sohlstufe Hallein

## Technische Daten Rechenreinigungsmaschine KW Urstein:

Typ:	Seilmaschine
Oberkante Schienen:	Kote 436,10 m
Spurweite:	3,4 m
Verfahrstrecke:	32 m
Fahrgeschwindigkeiten:	10 m/min.
Oberkante Einlauf :	Kote 432,00 m
Unterkante Einlauf:	Kote 420,30 m
Lichte Stabweite (Einlaufrechen):	100 mm
Neigung Einlaufrechen und Dammbalkenarmierung:	72°
Senk-/Hubgeschwindigkeit Rechenputzharke:	20/10 m/min.
Hubgeschwindigkeit Dammbalkenhubwinde:	-
Mindesthubmoment Lagekranfunktion:	7,5 kNm
Mindestausladung Lagekranfunktion:	4 m
Nettoputzkraft:	50 kN
Putzbreite:	2,5 m

1. Windenhaus
2. Führerkanzel
3. Putzharke
4. Schwemmgutrechen
5. Schwenkarm mit Hebezeug
6. Schwemmgutcontainer





Abbildung 7: Vorderansicht Rechenreinigungsmaschine KW Urstein



Abbildung 8: Seitenansicht Rechenreinigungsmaschine KW Urstein

### **Technische Daten Rechenreinigungsmaschine KW Gamp<sup>114</sup>:**

Typ:	hydraulische
Oberkante Schienen:	Kote 453,52 m
Spurweite:	3,9 m
Verfahrstrecke:	22,5 m
Fahrgeschwindigkeiten:	25 m/min.
Oberkante Einlauf :	Kote 427,67 m
Unterkante Einlauf:	Kote 437,30 m
Lichte Stabweite (Einlaufrechen):	100 mm
Neigung Einlaufrechen und Dammbalkenarmierung:	72°
Senk-/Hubgeschwindigkeit Rechenputzharke:	20/15 m/min.
Hubgeschwindigkeit Dammbalkenhubwinde:	-
Mindesthubmoment Lagekranfunktion:	1000 kNm
Mindestausladung Lagekranfunktion:	12 m
Nettoputzkraft:	30 kN
Putzbreite:	2,7 m

---

<sup>114</sup> Vgl. Betriebs- und Wartungsanweisung für Rechenreinigungsmaschine, Fa. Künz GmbH.

## Technische Daten Rechenreinigungsmaschine KW Sohlstufe Hallein:

Typ:	Seilmaschine
Oberkante Schienen:	Kote 442,30 m
Spurweite:	3,4 m
Verfahrstrecke:	50 m
Fahrgeschwindigkeiten:	10 m/min.
Oberkante Einlauf :	Kote 438,75 m
Unterkante Einlauf:	Kote 426,75 m
Lichte Stabweite (Einlaufrechen):	100 mm
Neigung Einlaufrechen und Dammbalkenarmierung:	72°
Senk-/Hubgeschwindigkeit Rechenputzharke:	20/10 m/min.
Hubgeschwindigkeit Dammbalkenhubwinde:	-
Mindesthubmoment Lagekranfunktion:	9 kNm
Mindestausladung Lagekranfunktion:	6 m
Nettoputzkraft:	60 kN
Putzbreite:	2,5 m

**Abbildung 9: Rechenreinigungsmaschine KW Sohlstufe Hallein**





## Anlagen, Teil 2: Berechnungen

### **Einfluss der Fallhöhe auf die Leistung:**

Die Berechnung der Leistungsänderung bei Änderung der Fallhöhe wird nach folgender Formel bestimmt:

$$P = \eta \times \frac{\rho \times g}{10^3} \times Q \times h$$

P	Leistung	[kW]
$\eta$	Wirkungsgrad	[-]
$\rho$	Dichte des Wassers	[kg/m <sup>3</sup> ]
g	Fallbeschleunigung	[m/s <sup>2</sup> ]
Q	Durchfluss	[m <sup>3</sup> /s]
h	Fallhöhe	[m]

Folgende Werte werden wie im Kapitel 3 beschrieben als konstant angenommen:

$$\eta = 0,9$$

$$\rho = 1.000 \text{ kg/m}^3$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

$$Q = 250 \text{ m}^3/\text{s}$$

Die Werte werden in die oben angeführte Formel eingesetzt:

$$P = 0,9 \times \frac{1.000 \times 10}{10^3} \times 250 \times h$$

Zur Vereinfachung werden die Höhen in 10 cm Schritten verändert, die nachfolgende Tabelle zeigt die Leistung zu den jeweiligen Fallhöhen.

**Tabelle 31: Änderung der Leistung**

Änderung der Fallhöhe [m]		Änderung der Leistung [kW]	
H <sub>1</sub>	11,10	P <sub>1</sub>	24.975
H <sub>2</sub>	11,00	P <sub>2</sub>	24.750
H <sub>3</sub>	10,90	P <sub>3</sub>	24.525
H <sub>4</sub>	10,80	P <sub>4</sub>	24.300
H <sub>5</sub>	10,70	P <sub>5</sub>	24.075
H <sub>6</sub>	10,60	P <sub>6</sub>	23.850
H <sub>7</sub>	10,50	P <sub>7</sub>	23.625
H <sub>8</sub>	10,40	P <sub>8</sub>	23.400
H <sub>9</sub>	10,30	P <sub>9</sub>	23.175
H <sub>10</sub>	10,20	P <sub>10</sub>	22.950
H <sub>11</sub>	10,10	P <sub>11</sub>	22.725
H <sub>12</sub>	10,00	P <sub>12</sub>	22.500

**Tabelle 32: Detaillierte Darstellung Stundenaufwand**

**Aufgewendete Stunden für Rechenreinigung im Kraftwerk Urstein**

Stunden [h]	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Summe Jahr
2008	14,00	24,50	16,00	29,75	26,50	58,00	64,33	55,50	39,50	27,50	38,00	35,75	429,33
2009	5,00	6,50	8,50	45,75	62,25	15,50	79,00	58,25	21,25	54,75	18,00	9,25	384,00
2010	5,00	0,00	3,50	16,50	34,00	46,42	44,50	59,92	26,50	30,50	23,17	11,00	301,01
2011	58,75	5,50	11,50	10,75	11,00	28,75	35,50	46,25	8,00	39,00	8,50	21,00	284,50
2012	10,50	2,00	31,50	12,25	35,09	77,00	57,00	38,50	41,00	20,25	35,50	12,75	373,34
<b>Mittelwert</b>	<b>18,65</b>	<b>7,70</b>	<b>14,20</b>	<b>23,00</b>	<b>33,77</b>	<b>45,13</b>	<b>56,07</b>	<b>51,68</b>	<b>27,25</b>	<b>34,40</b>	<b>24,63</b>	<b>17,95</b>	<b>354,44</b>

**Angefalle Kosten für Rechenreinigung im Kraftwerk Urstein**

Kosten [Euro]	Jänner	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Summe Jahr
2008	868,00	1.307,50	992,00	1.844,50	1.643,00	3.596,00	3.988,46	3.441,00	2.449,00	1.705,00	2.356,00	2.216,50	26.406,96
2009	310,00	403,00	527,00	2.836,50	3.859,50	961,00	4.898,00	3.611,50	1.317,50	3.394,50	1.116,00	573,50	23.808,00
2010	310,00	0,00	217,00	1.023,00	2.108,00	2.904,56	2.759,00	3.715,04	1.643,00	1.891,00	1.436,54	682,00	18.689,14
2011	3.642,50	341,00	713,00	666,50	682,00	1.782,50	2.201,00	2.867,50	496,00	2.418,00	527,00	1.302,00	17.639,00
2012	651,00	124,00	1.953,00	759,50	2.175,58	4.774,00	3.534,00	2.387,00	2.542,00	1.255,50	2.201,00	790,50	23.147,08
<b>Mittelwert</b>	<b>1.156,30</b>	<b>435,10</b>	<b>880,40</b>	<b>1.426,00</b>	<b>2.093,62</b>	<b>2.803,61</b>	<b>3.476,09</b>	<b>3.204,41</b>	<b>1.689,50</b>	<b>2.132,80</b>	<b>1.527,31</b>	<b>1.112,90</b>	<b>21.938,04</b>

## **Zusammenstellung der Kosten für Umbau der Rechenreinigungsmaschine:**

### **Personal:**

Der Punkt Personal beinhaltet die Salzburg AG internen Kosten für die Konzeption der Umbauarbeiten, den Stundenaufwand für die Demontage sowie Montage und den Stundenaufwand für die Erstellung von Plänen und Inbetriebnahme der Umgebauten Rechenreinigungsmaschine. Die Stundensätze sind Salzburg AG interne Verrechnungssätze.

Techniker:	100 h	75 Euro/ h	7.500 Euro
Facharbeiter:	500 h	65 Euro/ h	32.500 Euro

### **Material:**

In diesem Punkt werden die Kosten des benötigten Materials (Antriebe, Schalter, Werkzeug, etc.) angeführt. Die Materialkosten stammen aus Preisanfragen für die benötigten Komponenten bei den Herstellern.

Material:	120.000 Euro
-----------	--------------

### **Fremdleistung:**

In den Punkt Fremdleistungen fallen alle Kosten die für externe Leistungen die für den Umbau notwendig sind z.B. Programmieraufwand für die Steuerung der Rechenreinigungsmaschine und Implementierung in die Leittechnik.

Fremdleistung:	8.000 Euro
----------------	------------

---

Gesamtsumme für den Umbau der Rechenreinigungsmaschine: **168.000 Euro**

# Anlagen, Teil 3: Investitionsentscheidungsrechnung

## Investitionsentscheidungsrechnung Variante 1:

### Angaben:

Kosten:  $a_0 = 168.000$  Euro  
Gewinn:  $G = 3.073$  Euro  
Nutzungsdauer:  $n = 20$  Jahre  
Restwert:  $RW = 0$  Euro  
interne Zinsen:  $i = 6\%$

### Berechnung:

Abschreibung Afa:

$$Afa = \frac{a_0 - RW}{n}$$

$$Afa = \frac{168.000 - 0}{20}$$

$$\underline{\underline{Afa = 8.400 \text{ Euro}}}$$

kalkulatorische Zinsen  $i_{\text{kalk}}$ :

$$i_{\text{kalk}} = \frac{a_0 - RW}{2} * i$$

$$i_{\text{kalk}} = \frac{168.000 - 0}{2} * 0,06$$

$$\underline{\underline{i_{\text{kalk}} = 0,02}}$$

$$\underline{\underline{i_{\text{kalk}} = 2\%}}$$

Kostenvergleichsrechnung:

$$K = \frac{a_0 - RW}{n} + \frac{a_0 + RW}{2} * i + B$$

$$K = \frac{168.000 - 0}{20} + \frac{168.000 + 0}{2} * 0,06 + 8.950 + 18.865$$

$$\underline{K = 41.255 \text{ Euro}}$$

Rentabilitätsvergleichsrechnung R:

$$R = \frac{(p * x) - (kf + kv * x)}{D} * 100$$

$$R = \frac{G}{K} * 100$$

$$R = \frac{3.073}{168.000} * 100$$

$$\underline{R = 1,83}$$

Amortisationszeitrechnung A<sub>0</sub>:

$$A_0 = \frac{a_0 - RW}{\left(\frac{1}{n} * \sum_{k=1}^n Gk\right) + Afa}$$

$$A_0 = \frac{168.000 - 0}{\left(\frac{1}{20} * \sum_{k=1}^{20} 3.073\right) + 8.400}$$

$$\underline{A_0 = 14,64 \text{ Jahre}}$$

Kapitalbarwertmethode  $C_0$ :

begrenzte Laufzeit:

$$C_0 = -a_0 + \ddot{u} * \frac{q^n - 1}{q^n * (q - 1)} + \frac{L}{q^n}$$

$$C_0 = -168.000 + 3.073 * \frac{1,06^{20} - 1}{1,06^{20} * (1,06 - 1)} + \frac{0}{1,06^{20}}$$

$$\underline{C_0 = -132.752,93 \text{ Euro}}$$

unbegrenzte Laufzeit:

$$C_0 = -a_0 + \ddot{u} * \frac{1}{i}$$

$$C_0 = -168.000 + 3.073 * \frac{1}{0,06}$$

$$\underline{C_0 = -116.783,33 \text{ Euro}}$$

Annuitätenmethode d:

$$d = (-a_0 + \ddot{u} * \frac{1}{i}) * \frac{q^n * (q - 1)}{q^n - 1}$$

$$d = (-168.000 + 3.073 * \frac{1}{0,06}) * \frac{1,06^{20} * (1,06 - 1)}{1,06^{20} - 1}$$

$$\underline{d = -10.181,70 \text{ Euro}}$$

interner Zinsfuß:

$$0 = -a_0 + \ddot{u} * \frac{1}{i}$$

$$i_{int} = \frac{a_0}{\ddot{u}}$$

$$i_{int} = \frac{168.000}{3.073}$$

$$\underline{i_{int} = 0,02}$$

## Investitionsentscheidungsrechnung Variante 2a:

### Angaben:

Kosten:  $a_0 = 695.000$  Euro  
Gewinn:  $G = 19.668$  Euro  
Nutzungsdauer:  $n = 20$  Jahre  
Restwert:  $RW = 0$  Euro  
interne Zinsen:  $i = 6\%$

### Berechnung:

Abschreibung Afa:

$$Afa = \frac{a_0 - RW}{n}$$

$$Afa = \frac{695.000 - 0}{20}$$

$$\underline{\underline{Afa = 34.750 \text{ Euro}}}$$

kalkulatorische Zinsen  $i_{\text{kalk}}$ :

$$i_{\text{kalk}} = \frac{a_0 - RW}{2} * i$$

$$i_{\text{kalk}} = \frac{695.000 - 0}{2} * 0,06$$

$$\underline{\underline{i_{\text{kalk}} = 20.850 \text{ Euro}}}$$

Kostenvergleichsrechnung:

$$K = \frac{a_0 - RW}{n} + \frac{a_0 + RW}{2} * i + B$$

$$K = \frac{695.000 - 0}{20} + \frac{695.000 + 0}{2} * 0,06 + 3.500 + 7.315$$

$$\underline{\underline{K = 66.855 \text{ Euro}}}$$



Rentabilitätsvergleichsrechnung R:

$$R = \frac{(p * x) - (kf + kv * x)}{D} * 100$$

$$R = \frac{G}{K} * 100$$

$$R = \frac{19.668}{695.000} * 100$$

$$\underline{R = 2,83}$$

Amortisationszeitrechnung A<sub>0</sub>:

$$A_0 = \frac{a_0 - RW}{\left(\frac{1}{n} * \sum_{k=1}^n Gk\right) + Afa}$$

$$A_0 = \frac{695.000 - 0}{\left(\frac{1}{20} * \sum_{k=1}^{20} 19.668\right) + 34.750}$$

$$\underline{A_0 = 12,77 \text{ Jahre}}$$

Kapitalbarwertmethode C<sub>0</sub>:

begrenzte Laufzeit:

$$C_0 = -a_0 + \ddot{u} * \frac{q^n - 1}{q^n * (q - 1)} + \frac{L}{q^n}$$

$$C_0 = -695.000 + 19.668 * \frac{1,06^{20} - 1}{1,06^{20} * (1,06 - 1)} + \frac{0}{1,06^{20}}$$

$$\underline{C_0 = -469.409,59 \text{ Euro}}$$

unbegrenzte Laufzeit:

$$C_0 = -a_0 + \ddot{u} * \frac{1}{i}$$

$$C_0 = -695.000 + 19.668 * \frac{1}{0,06}$$

$$\underline{\underline{C_0 = -367.200,00 \text{ Euro}}}$$

Annuitätenmethode d:

$$d = (-a_0 + \ddot{u} * \frac{1}{i}) * \frac{q^n * (q - 1)}{q^n - 1}$$

$$d = (-695.000 + 19.668 * \frac{1}{0,06}) * \frac{1,06^{20} * (1,06 - 1)}{1,06^{20} - 1}$$

$$\underline{\underline{d = -32.014,17 \text{ Euro}}}$$

interner Zinsfuß:

$$0 = -a_0 + \ddot{u} * \frac{1}{i}$$

$$i_{int} = \frac{a_0}{\ddot{u}}$$

$$i_{int} = \frac{695.000}{19.668}$$

$$\underline{\underline{i_{int} = 0,03}}$$

## Investitionsentscheidungsrechnung Variante 2b:

### Angaben:

Kosten:  $a_0 = 825.000$  Euro  
Gewinn:  $G = 19.668$  Euro  
Nutzungsdauer:  $n = 20$  Jahre  
Restwert:  $RW = 0$  Euro  
interne Zinsen:  $i = 6\%$

### Berechnung:

Abschreibung Afa:

$$Afa = \frac{a_0 - RW}{n}$$

$$Afa = \frac{825.000 - 0}{20}$$

$$\underline{Afa = 41.250 \text{ Euro}}$$

kalkulatorische Zinsen  $i_{\text{kalk}}$ :

$$i_{\text{kalk}} = \frac{a_0 - RW}{2} * i$$

$$i_{\text{kalk}} = \frac{825.000 - 0}{2} * 0,06$$

$$\underline{i_{\text{kalk}} = 24.750 \text{ Euro}}$$

Kostenvergleichsrechnung:

$$K = \frac{a_0 - RW}{n} + \frac{a_0 + RW}{2} * i + B$$

$$K = \frac{825.000 - 0}{20} + \frac{825.000 + 0}{2} * 0,06 + 3.500 + 7.315$$

$$\underline{K = 76.815 \text{ Euro}}$$

Rentabilitätsvergleichsrechnung R:

$$R = \frac{(p * x) - (kf + kv * x)}{D} * 100$$

$$R = \frac{G}{K} * 100$$

$$R = \frac{19.668}{825.000} * 100$$

$$\underline{R = 2,38}$$

Amortisationszeitrechnung A<sub>0</sub>:

$$A_0 = \frac{a_0 - RW}{\left(\frac{1}{n} * \sum_{k=1}^n Gk\right) + Afa}$$

$$A_0 = \frac{825.000 - 0}{\left(\frac{1}{20} * \sum_{k=1}^{20} 19.668\right) + 41.250}$$

$$\underline{A_0 = 13,54 \text{ Jahre}}$$

Kapitalbarwertmethode C<sub>0</sub>:

begrenzte Laufzeit:

$$C_0 = -a_0 + \ddot{u} * \frac{q^n - 1}{q^n * (q - 1)} + \frac{L}{q^n}$$

$$C_0 = -825.000 + 19.668 * \frac{1,06^{20} - 1}{1,06^{20} * (1,06 - 1)} + \frac{0}{1,06^{20}}$$

$$\underline{C_0 = -599.409,59 \text{ Euro}}$$

unbegrenzte Laufzeit:

$$C_0 = -a_0 + \ddot{u} * \frac{1}{i}$$

$$C_0 = -825.000 + 19.688 * \frac{1}{0,06}$$

$$\underline{C_0 = -497.200,00 \text{ Euro}}$$

Annuitätenmethode d:

$$d = (-a_0 + \ddot{u} * \frac{1}{i}) * \frac{q^n * (q - 1)}{q^n - 1}$$

$$d = (-825.000 + 19.668 * \frac{1}{0,06}) * \frac{1,06^{20} * (1,06 - 1)}{1,06^{20} - 1}$$

$$\underline{d = -43.348,16 \text{ Euro}}$$

interner Zinsfuß:

$$0 = -a_0 + \ddot{u} * \frac{1}{i}$$

$$i_{int} = \frac{a_0}{\ddot{u}}$$

$$i_{int} = \frac{825.000}{19.668}$$

$$\underline{i_{int} = 0,02}$$

# Anlagen, Teil 4: Berechnung Nutzwertanalyse

## Umwandlung Ergebnismatrix in Entscheidungsmatrix

Die Umwandlung der Ergebnismatrix (Tabelle 23) in die Entscheidungsmatrix (Tabelle 24) erfolgte wie im Kapitel 3.4.2 beschrieben. Das jeweils optimale Ziel je Spalte der Wert 10 (=100%) zugeordnet. und alle anderen Ziele im proportionalen Verhältnis gewichtet.

Optimales Ziel:

Das optimale Ziel der Spalte Anschaffungskosten ist der Betrag von 168.000 Euro. In der Spalte Instandhaltung- und Betriebskosten ist das optimale Ziel 10.815 Euro und in der Spalte Gewinn beträgt das optimale Ziel 19.668 Euro. Diese Beträge wurde der Wert 10 zugeordnet und in die Ergebnismatrix eingetragen. Zur Bestimmung der weiteren Spaltenwerte wird nun der jeweilige Spalten Wert mit dem optimalen Ziel dividiert und mit 10 multipliziert.

Anschaffungskosten:

$$n_{1,2} = \frac{168.000}{695.000} * 10$$

$$\underline{n_{1,2} = 2,42}$$

$$n_{1,3} = \frac{168.000}{825.000} * 10$$

$$\underline{n_{1,2} = 2,04}$$

Instandhaltungs- und Betriebskosten:

$$n_{2,1} = \frac{10.815}{27.815} * 10$$

$$\underline{n_{2,1} = 3,89}$$

Gewinn:

$$n_{3,1} = \frac{19.668}{3.073} * 10$$

$$\underline{n_{3,1} = 1,56}$$

### **Hurwicz-Regel**

Für die Berechnung wurde ein  $\lambda$ -Wert von 0,7 (leicht risikofreudig) angenommen. Der Nutzenwert wurde mit folgender Formel gebildet (Nutzenwert=  $\lambda$  \* Maximum + (1-  $\lambda$ )\*Minimum).

Im ersten Schritt wurde für jede Variante das Zeilen Maximum sowie das Zeilen Minimum aus der Tabelle 24 bestimmt. Das Zeilen Maximum beträgt je Variante 10 das Minimum beträgt bei Variante 1: 1,56, bei Variante 2a: 2,42 und bei Variante 2b: 2,04. Diese Werte wurden nun in die oben genannte Formel eingetragen und der Zeilenwert gebildet.

$$N_1 = 0,7 * 10 + 0,3 * 1,56$$

$$\underline{N_1 = 7,47}$$

$$N_2 = 0,7 * 10 + 0,3 * 2,42$$

$$\underline{N_2 = 7,73}$$

$$N_3 = 0,7 * 10 + 0,3 * 2,04$$

$$\underline{N_3 = 7,61}$$





# Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Salzburg den 22.Juli 2014

Rudolf Schwaiger